
ORK.

ELEKTRODIAGNOSTIK

UND

ELEKTROTHERAPIE

EINSCHLIESSLICH DER

PHYSIKALISCHEN PROPÄDEUTIK

FÜR

PRAKTISCHE ÄRZTE

VON

R.-A. Dr. RUDOLF LEWANDOWSKI
K. U. K. PROFESSOR IN WIEN

ZWEITE, MIT EINEM ANHANG VERMEHRTE AUFLAGE

MIT 174 ILLUSTRATIONEN

WIEN UND LEIPZIG
URBAN & SCHWARZENBERG
1892

Vorrede.

Kurz nach Veröffentlichung meines Werkes: Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde[1]), forderte mich die, um die neuere medicinische Literatur hochverdiente Verlagsbuchhandlung Urban und Schwarzenberg in Wien und Leipzig auf, eine Elektrodiagnostik und Elektrotherapie für praktische Ärzte zu verfassen und als erste Abtheilung eine genaue und gründliche Erörterung des physikalisch-technischen Theiles vorauszuschicken.

Ermuthigt durch die günstige Aufnahme meiner zahlreichen bisherigen einschlägigen Publicationen entschloss ich mich — wenn auch nur zögernd — und nahezu erst ein Jahr später an die vorliegende Arbeit zu gehen; denn meine Aufgabe war nicht leicht. Das Buch sollte vorerst in knapper Fassung sämmtliche Anwendungsmethoden der Elektricität in der Heilkunde zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken umfassen und außerdem gründliche Kenntnisse der Elektrophysik vermitteln, welche gerade für den praktischen Arzt, der in weitaus der größten Mehrzahl der Fälle, was die Zusammenstellung, Handhabung, Instandhaltung und Ausbesserung kleiner Schäden des Gesammtinstrumentariums betrifft, einzig und allein nur auf sich und sein Wissen angewiesen ist, während der vorzugsweise in den größeren Städten thätige Specialist für jede Kleinigkeit den Mechaniker und Elektrotechniker bei der Hand hat. Andererseits sollte Alles in elementarer Darstellung entwickelt, im physikalischen Theile nur die einfachsten Grundbegriffe der Arithmetik vorausgesetzt, mathematische Deductionen möglichst beschränkt, die einzelnen Abschnitte und Unterabtheilungen thunlichst übersichtlich aneinander gereiht und vor allem ein gegebener Raum nicht überschritten werden. Auf eine reiche Illustration (170 Abbildungen) gieng die Verlagsbuchhandlung in liberaler Weise ein und stellte mir hiezu sowohl ihre eigenen im Verlage vorhandenen Clichés zur Verfügung, gleichwie sie auch durch die bekannte Firma F. X. Matoloni neue Holzschnitte nach meinen Skizzen fertigen ließ. Einige Illustrationen elektromedicinischer Apparate verdanke ich der Liebenswürdigkeit der betreffenden Erzeuger derselben (und zwar der Herren: Dr. M. Th. Edelmann in München, Hirschmann und Krüger in Berlin, J. Leiter und Mayer & Wolf in Wien, Reiniger & Comp. in Erlangen und Dr. Stöhrer & Sohn in Leipzig), denen ich hiemit meinen Dank ausspreche.

Nach Sichtung des ganzen Materials gliederte ich die vorliegende Arbeit in 3 Abtheilungen von annähernd gleichem Umfange, und zwar: I. Physikalische Propädeutik, II. Elektrodiagnostik und

[1]) Wien, A. Hartleben's Verlag (1 fl. 65 kr).

III. Elektrotherapie. Bei der Zusammenstellung gieng ich indes von dem öfters geübten und auch von mir in Aussicht genommenen Modus, die in der Therapie verwendeten Apparate erst in der III. Abtheilung zu behandeln, ab und verlegte diese ganze Partie in die I. Abtheilung, wodurch deren Umfang den der andern zwei Abtheilungen scheinbar überwiegt. Da die Verlagsbuchhandlung anfangs mit dem Plane umgieng, das Buch in zwei Hälften erscheinen zu lassen, übergab ich das druckfertige Manuscript der ersten Abtheilung der Buchdruckerei und fand nach Schluss der Correcturen, dass das vorausgesetzte Verhältnis des geschriebenen zum gedruckten Texte irrig war und dass ich den für die erste Abtheilung in Aussicht genommenen Raum überschritten hatte. Demzufolge musste ich vorerst die II. und III. Abtheilung wiederholt umarbeiten, wo es angieng, Kürzungeu vornehmen, die Spatien verringern und die nähern Ausführungen und Details in kleinerer Schrift wiedergeben, um so den überschrittenen Raum wieder einzubringen. Herzlich leid thut es mir, dass ich hiebei die reiche Casuistik eigener 15jähriger Beobachtung und Erfahrung, sowie die mit großem Fleiße gearbeitete möglichst genaue Literaturübersicht aller mir bekannt gewordenen einschlägigen Publicationen, die bereits druckfertig waren, gäuzlich opfern musste. Einige Capitel dieses ersten Manuscriptes veröffentlichte ich bereits anderweitig, so z. B. die Abhandlung über Galvanokaustik als 8. und 9. Heft der Wiener Klinik ex 1886, das Arnheim'sche Thermoelektroskop in der Wiener medizinisehen Presse, 1886, Nr. 36, 37 uud 38, sowie in der Zeitschrift für Elektrotechnik, Wieu 1885, H. X etc. Die infolge hievon voraussichtliche Verzögerung im Erscheinen der zweiten Hälfte, veranlasste die Verlagsbuchhandlung und mich vou der Ausgabe des Buches in 2 Hälften abzusehn und zog ich es vor, die ganze Arbeit auf einmal der Öffentlichkeit zu übergeben.

Nach diesen Principien und von den vorerwähnten Motiven geleitet, wurde nun vorliegende Arbeit mit stetiger Berücksichtiguug der Bedürfnisse des praktischen Arztes durchgeführt. Der physikalische Theil in fast allen bisher erschienenen Schriften (mit einer einzigen Ausnahme) stiefmütterlich behandelt, erfuhr hier eine erschöpfende, klare, keinerlei weitere physikalische Vorkenntnisse voraussetzende Erörterung. In diesem Theile schlug ich einen eigenen, von allen bisher üblichen Darstellungen völlig differenten Weg ein und entwickelte die betreffenden physikalischen Lehren und Gruudsätze nach elementar-synthetischer Methode, stets von den einfachsten Experimenten ausgehend. Selbstverständlich wählte ich nur jene Capitel der Elektrophysik aus, welche zum Verständnis, sowie zur Handhabung und Instandhaltung der für die Bedürfnisse des praktischen Arztes erforderlichen elektromedicinischen Apparate unbedingt nöthig sind. Hiebei benützte ich die Mathematik, und zwar nur in der allerelementarsten Weise nur zur Discussion des Ohmschen Gesetzes und der hieran sich knüpfenden Grundsätze und Thatsachen, welches Capitel sich unmöglich in anderer Weise darstellen lässt. Bei Erörterung der einzelnen Apparate unterließ ich es nie, praktische Winke über den absoluten, sowie relativen Wert der einzelnen Ausführungen derselben, über deren zweckmäßige Wahl, Handhabung und Pflege iu thunlichst anschaulicher Weise in den Vordergrund zu stellen. Diese Darstellungen entsprangen durchgehends meiner eigenen diesbezüglichen Erfahrung und war ich in der Lage, selbst bei der nöthig gewordeuen Kürze das elektromedicinische Instrumentarium mit Berücksichtigung der Erzeugnisse der Mechaniker und Elektrotechniker sämmtlicher civilisirten Länder mit einer größeren Gründ-

lichkeit und Übersichtlichkeit, als es bisher je geschah, besprechen zu können ich verweise diesbezüglich nur auf das Capitel über die Galvanometer betreff deren gerade in medicinischen Schriften so viele Unrichtigkeiten und unklare Anschauungen vertreten sind.

Capitel, die sonst gewöhnlich mit Zuhilfenahme der höheren Mathematik im speciellen behandelt zu werden pflegen (wie die Gesetze der Stromtheilung und Stromverzweigung) behandelte ich ebenfalls in der erwähnten elementaren Weise und berücksichtigte nur ausschließlich jene Fälle, die sich in der praktischen Heilkunde direct verwerten lassen.

In der II. und III. Abtheilung vermied ich principiell alles Theoretisiren, sowie grundsätzlich jede Polemik. Die differenten, im Laufe der Zeiten abwechselnd dominirenden oder prävalirenden Hypothesen und Theorien wurden nur gestreift und ausschließlich bloß das Thatsächliche in knapper Diction vorgetragen. Um Wiederholungen zu vermeiden, wurde die Einrichtung getroffen, dass zusammengehörige Thatsachen in speciellen Capiteln abgehandelt wurden, sowie dass Alles zunächst im allgemeinen und dann erst im speciellen besprochen wurde. In der II. Abtheilung habe ich nach reiflicher Überlegung und mehrfacher Umarbeitung nur jene Grundlehren der Physiologie recapitulirt, die zum Verständnis der Wirkungen der Elektricität auf den menschlichen Organismus im normalen, wie pathologischen Zustande unbedingt nothwendig sind. Dieses Capitel, sowie jenes über die motorischen Punkte ist trotz der präcisen Form dennoch für die wahren Bedürfnisse des praktischen Arztes erschöpfend dargestellt, dabei aber von dem an sich zwar sehr interessanten, dagegen für die Elektrodiagnostik und Elektrotherapie weiters belanglosen elektrophysiologischen Detail Umgang genommen worden. Die elektrodiagnostischen Methoden betreffend, adoptirte ich eine von mir seit Jahren geübte, jedem praktischen Arzte empfehlenswerte, der ich die Stintzing'schen Grenzwerte zugrunde legen konnte. In der Elektropathologie habe ich, nach dem mehrfach erwähnten Principe vorgehend, auch nur das allseitig anerkannt Thatsächliche aufgenommen und das Unfertige, Unentschiedene oder Strittige unberücksichtigt gelassen. Ein eigenes Capitel widmete ich jener Anwendung des elektrischen Stromes, die erst mittelbar elektrodiagnostische Verwertung gefunden hat, nämlich der Anwendung des elektrischen Lichtes in der Heilkunde, sodann der medicinischen Mikro-Telephonapparate und des Thermo-Elektroskops, welche Gegenstände bisher in der einschlägigen deutschen Literatur gänzlich unberücksichtigt blieben. Die III. Abtheilung gliederte ich sachgemäß in zwei Unterabtheilungen, nämlich in die allgemeine und specielle Elektrotherapie. In der 1. entwickelte ich alle therapeutischen Methoden und erörterte dieselben genau, so dass ich im 2. Theile mich darauf beschränken konnte, bloß anzugeben, welche Methode gegebenenfalls zu benützen wäre, oder bereits erfolgreich in Anwendung gezogen worden ist. Im allgemeinen Theile wurden die Franklinisations-, Galvanisations- und Faradisationsmethoden gründlich abgehandelt, sowie ein ganz kurzes Capitel der Metallo- und Magnetotherapie gewidmet. Hier fand auch die erschöpfende Darstellung der allgemeinen Elektrisation, der centralen Galvanisation, der Galvanofaradisation, der Anwendung der elektrischen Bäder, der Elektrolyse und Galvanokaustik, sowie der Anwendung schwacher continuirlicher Ströme ihren Platz. In jedem dieser Capitel wurden die speciellen Wirkungen recapitulirt und die Indicationen, sowohl im allgemeinen wie auch im speciellen erschöpfend abgehandelt. In der speciellen Elektrotherapie wurden

die einzelnen, bisher erfolgreich mittels Elektricität behandelten Krankheiten in Gruppen zusammengestellt und in jeder Gruppe für jede einzelne Krankheit die Methodik, die von den einzelnen Autoren mit Erfolg benützt wurde, angeführt. Selbstverständlich wurde, der ganzen Anlage des Buches entsprechend, die specielle Elektrotherapie nicht, wie es mitunter anderwärts geschah, lediglich auf die Fälle der Neuropathologie oder höchstens noch der internen Medicin beschränkt, sondern wurden vielmehr auch alle geeigneten Einzelfälle der Chirurgie, und zwar aller Specialfächer derselben, wie der Laryngotherapie, der Otiatrik, Oculistik, dann der Geburtshilfe und Gynäkologie, sowie der Dermatologie etc. in den Kreis der Besprechung miteinbezogen. Was den therapeutischen Theil betrifft, huldige ich durchaus nicht dem oft beliebten Optimismus, der die Elektrotherapie als Panacee gegen alle nur denkbaren Leiden hinstellt, kann mich aber andererseits auch nicht zu dem neuestens von anderer Seite ausgesprochenen Pessimismus bekennen.

Allerorts war ich bestrebt, sämmtliche, mir nur irgendwie zugänglichen einschlägigen Publicationen nach Maßgabe des Raumes zu berücksichtigen. Einen großen Theil der im Buchhandel nicht mehr vorhandenen elektrotherapeutischen Literatur, sowie S. A., zumal der ältern, in den verschiedensten Zeitschriften erschienenen Einzelaufsätze hat mir Herr Prof. Dr. M. Benedikt für nahezu dritthalb Jahre in der liebenswürdigsten Weise zur Verfügung gestellt, wofür ich ihm hiemit bestens danke.

Die leichte und rasche Orientirung im Buche erleichtert das Inhaltsverzeichnis, sowie das mit großem Fleiße gearbeitete Namen- und Sachregister; die ganze Anlage des Buches ist so übersichtlich, dass das Gewünschte jederzeit gleich gefunden werden kann; die Übersichtlichkeit wird noch durch die Verwendung verschiedenen Druckes vergrößert.

Klinisch-pathologische Details konnten sachgemäß in der vorliegenden Schrift keinen Raum finden; diese, sowie gewisse physiologische Thatsachen mussten wohl vorausgesetzt werden. Wer die Elektrotherapie mit Erfolg üben will, muss eben über ein gewisses Maß physikalischer, physiologischer und klinischer Kenntnisse unbedingt mit Sicherheit verfügen. Sollten specielle elektrotechnische Details erwünscht sein, so verweise ich auf meine reich illustrirte, bereits eingangs erwähnte Schrift (Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde). Dem, der sich über die neuern Fortschritte der Physiologie orientiren will, empfehle ich die Physiologie von Landois und dem, der über klinische Details nachschlagen will, die specielle Pathologie und Therapie von Eichhorst, beide im Verlage von Urban & Schwarzenberg in Wien. Zum Schlusse erübrigt mir nur noch den Herrn Verlegern für die Ausstattung des Buches zu danken, das ich hiemit den praktischen Ärzten übergebe, wünschend, dass es unter denselben viele Freunde fände.

Wien im August 1887.

Dr. Rudolf Lewandowski,
k. k. Professor.

Inhaltsverzeichnis.

I. ABTHEILUNG.

Physikalische Propädeutik.

Reibungselektricität.

Elektrische Grunderscheinungen.

Reibt man eine Glasröhre mit einem Kautschuklappen und bringt dieselbe in die Nähe von Papierschnitzeln, Hollundermarkstückchen oder Flaumfedern, so bemerkt man, dass diese leichten Gegenstände schon aus merklicher Entfernung von der geriebenen Röhre angezogen und nach der Berührung wieder abgestoßen werden. Die unbekannte Ursache dieser Erscheinung nennt man Elektricität, und weil sie durch Reibung hervorgerufen wurde, des genaueren Reibungs- oder Frictionselektricität.

Verschließt man das Vorderende dieser Glasröhre mittels eines mit Stanniol überkleideten Korkstöpsels und schiebt durch diesen einen langen, an beiden Enden abgerundeten Metallstab, reibt sodann die Glasröhre in ihrer ganzen Länge, wie vorher, und nähert das freie Ende dieses Metallstabes den vorerwähnten Gegenständen, so wird man an denselben die gleichen Erscheinungen der Anziehung, Berührung und Abstoßung dieser leichten Körper wahrnehmen, wie vorher an der geriebenen Glasröhre. Der elektrische Zustand der Glasröhre hat sich somit über den Metallstab ausgebreitet, letzterer ist mithin ein Elektricitätsleiter.

Bringt man anstatt dieses Metallstabes ein ebenso langes und dickes Hartgummistäbchen, reibt sodann die Glasröhre in der angegebenen Weise, wie vorher, so wird man die besprochenen Erscheinungen der Anziehung, Berührung und Abstoßung jener leichten Gegenstände am Ende des Hartgummistäbchens nicht wahrnehmen. Der elektrische Zustand der Glasröhre konnte sich also über den Hartgummistab nicht ausbreiten, letzterer leitet somit die Elektricität nicht, ist demnach ein Nichtleiter (genauer ausgedrückt, ein schlechter Leiter) der Elektricität.

Durch verschiedene Versuche wurde nachgewiesen, dass alle Körper die Elektricität bald besser, bald schlechter leiten. Absolute Nichtleiter gibt es nicht. Zu den besten Leitern gehören die Metalle. Diesen zunächst leiten die Elektricität noch gut: Kohle, Wasser, alle wässerigen Flüssigkeiten

und wässerigfeuchten Körper, somit der menschliche, thierische und frische Pflanzenkörper, feuchte Erde, feuchte Luft u. s. w. Zu den sogenannten Halbleitern gehören u. a. Sand und trockenes Holz; zu den schlechtesten Leitern sind zu zählen Glas, Harz, Seide, Schwefel, Alkohol, Äther, Öle, Fettkörper, trockene Luft u. s. w.

Übrigens ändert sich das Leitungsvermögen der Körper gegen Elektricität bedeutend durch veränderte Dimension und Oberflächenbeschaffenheit dieser Körper durch Wärme u. s. w.; so z. B. leitet Glas die Elektricität in größerer Hitze und in sehr dünnen Blättchen. Bleiglas leitet besser als Natriumglas etc. Interessant ist das Leitungsvermögen des Selens. Dasselbe galt bis in die neueste Zeit als absoluter Nichtleiter der Elektricität, als welcher es auch noch in manchen einschlägigen Schriften figurirt. 1873 fand Sale, dass die Leitungsfähigkeit des Selens durch Beleuchtung erhöht werde. Indessen geschieht dies nicht so sehr durch die leuchtenden, als vielmehr durch die ultrarothen, somit durch die Wärmestrahlen des Sonnenlichtes. In neuester Zeit hat diese Eigenschaft des Selens Siemens zur Herstellung eines Photometers und Graham Bell zur Erfindung des Photophons geführt.

Das Leitungsvermögen der Metalle für Elektricität soll nach Wiedemann und Franz dasselbe sein wie für Wärme. Arndtsen, Bose und Matthiessen fanden, dass das Leitungsvermögen der Metalle für Elektricität bei Erwärmung von 0—100° C. um 30% sinkt; dagegen nimmt die Leitungsfähigkeit der Luft und trockener Gase für Elektricität (nach Hittorf) bei Erhitzung derselben zu.

Setzt man die Leitungsfähigkeit des Wassers 1000, so ist die Leitungsfähigkeit des Petroleums 72, des Schwefelkohlenstoffes 55, des Alkohols 49, des Äthers 40, des Terpentinöls 23, des Benzols 16 etc. (nach Saïd Effendi).

Will man an den Körpern die elektrischen Erscheinungen studiren, so muss man dieselben mit schlechten Leitern umgeben, d. h. isoliren.

In der Mitte einer hölzernen Kreisscheibe (als Stativ) werde ein verticaler, an seinem oberen Ende rechtwinkelig abgebogener Glasstab befestigt; hängt man am freien Ende dieses Glasstabes an einen Coconfaden ein Kork- oder Hollundermarkkügelchen auf, so repräsentirt diese Vorrichtung ein sogenanntes elektrisches Pendel. Zur Veranschaulichung der elektrischen Grundgesetze gehören zwei solcher Apparate.

Reibt man, wie vorher, die Glasröhre mit dem Kautschuklappen und nähert sie dem Hollundermarkkügelchen, so wird dieses angezogen und nach der Berührung abgestoßen. Nähert man diesem Kügelchen das des zweiten elektrischen Pendels, so wird letzteres von ersterem ebenfalls angezogen und nach der Berührung abgestoßen. Die geriebene Glasstange hat somit ihren elektrischen Zustand dem ersten Kügelchen mitgetheilt (elektrische Mittheilung), so dass es sich dem zweiten Kügelchen gegenüber in gleicher Weise elektrisch erwies, wie vordem die geriebene Glasstange. Der elektrische Zustand wurde auf dem ersten elektrischen Pendelchen durch Isolirung desselben (mittels Seidenfaden und Glasfuß) zurückgehalten. (Es war mit Elektricität geladen.) Berührt man nun dieses elektrisirte Kügelchen mit dem Finger, so fällt es in die Ruhelage zurück und erweist sich als unelektrisch. (Es wurde durch die Berührung entladen.)

Bei der Elektrisirung durch Mittheilung verliert der erstelektrisirte Körper (der die Elektricität mittheilende) von seiner Elektricität gerade so

viel, als der andere hievon erhält. Berührt man eine elektrisirte (und wohl isolirte) Hollundermarkkugel mit einer ebenso großen, so verliert die erstere die Hälfte ihrer Elektricität. Je größer die Oberfläche der letzteren genommen wird, destoweniger Elektricität bleibt auf der ersteren. Da der menschliche Körper mit der Erde in leitender Verbindung steht, verbreitet sich die Elektricität der Kugel des elektrischen Pendels nach Berührung derselben mittels des Fingers momentan über eine, im Vergleiche zur Pendelkugel ungeheuere Oberfläche (die Erde), es bleibt also auf der Hollundermarkkugel fast keine Spur von Elektricität zurück, welchen Vorgang man eben mit dem Ausdrucke e n t l a d e n bezeichnet.

Ladet man die Hollundermarkkügelchen beider Pendelchen mittels der geriebenen Glasstange, so stoßen sie einander ab. Nach Berührung mit dem Finger fallen sie unelektrisch in ihre Ruhelage zurück. Verfährt man in gleicher Weise mit einer mittels Katzenfell geriebenen Ebonitstange, so werden die Hollundermarkkugeln ebenfalls elektrisch und stoßen einander ebenso ab, wie vorher, als sie mittels der geriebenen Glasstange geladen wurden. In derselben Weise können die Pendelchen durch geriebenen Schwefel, Siegellack, Bernsteinstangen und durch viele andere Körper elektrisirt werden.

Werden die beiden Pendelchen abermals berührt (und entladen), hierauf das eine mit einer mittels Kautschuk geriebenen Glasstange, das zweite mit einer mittels Katzenfell geriebenen Ebonitstange berührt, so stoßen sich die beiden Kügelchen jetzt nicht ab, sondern sie ziehen einander an, berühren einander und fallen unter Umständen unelektrisch in ihre Ruhelage zurück. Die Glaselektricität erweist sich somit der Harzelektricität gegenüber als im gewissen Sinne entgegengesetzt, indem beide Elektricitätsarten einander gleichsam auslöschen. Da dieser Gegensatz am einfachsten dem Verhältnisse mathematischer Größen mit entgegengesetzten Vorzeichen vergleichbar ist, hat man diese mathematischen Ausdrucksweisen auch zur Bezeichnung dieser beiden Elektricitätsarten verwendet und nennt (conventionell) die Glaselektricität die positive (+) und die Harzelektricität die negative (—). Aus dem letzten Versuche lassen sich folgende Gesetze ableiten:

a) Es gibt zweierlei Elektricitäten, die einander polar entgegengesetzt sind und demzufolge als positive und negative Elektricitäten unterschieden werden.

b) Gleichnamige Elektricitäten (genauer ausgedrückt, gleichnamig elektrisirte Körper) stoßen einander ab.

c) Ungleichnamige Elektricitäten (ungleichnamig elektrisirte Körper) ziehen einander an.

Die zum Nachweise des elektrischen Zustandes der Körper verwendeten Pendelchen nennt man E l e k t r o s k o p e. Ein sehr empfindliches Elektroskop wird hergestellt, wenn an das Ende eines Metallstabes zwei schmale Gold- oder Aluminiumblattstreifen geklebt und dieser Metallstab in den Hals eines bauchigen Glasgefäßes so befestigt wird, dass die Metallblättchen in der Mitte des Glases frei herabhängen. An das obere Ende dieses Metallstabes wird eine Kugel oder eine Platte aus Metall geschraubt. Das Glasgefäß schützt die Goldblättchen einerseits vor Erschütterungen durch bewegte Luft und dient andererseits zur Isolirung derselben gegen die Unterlage. Berührt man den Knopf dieses Elektroskopes mit einem elektrisirten Körper, so divergiren die Metallblättchen. Ein derartiges Instrument dient:

a) Zum Nachweise des elektrischen Zustandes eines Körpers überhaupt;

b) zur Bestimmung der Elektricitätsart desselben und

c) in geeigneter Modification zur Messung der Elektricitätsmenge (Elektrometer).

Befestigt man an den wohlabgerundeten Enden eines auf einem Glasfuße ruhenden horizontalen Metallstabes jederseits ein Paar an Leinenfäden aufgehängter Hollundermarkkügelchen und nähert dem einen oder anderen Ende dieses Metallstabes eine geriebene Glas- oder Ebonitstange, so divergiren beide Pendelpaare. Der Metallstab ist somit durch bloße Annäherung eines elektrisirten Körpers in den elektrischen Zustand versetzt worden, was durch die Divergenz der Doppelpendelchen dargethan ist. Hiebei hat der ersteelektrisirte Körper nichts von seiner Elektricität eingebüßt, sondern wir haben es mit einer eigenthümlichen Wirkung der Elektricität in die Ferne zu thun. Entfernt man die elektrisirte Stange vom Metallstabe, so fallen die Pendelpaare in die Ruhelage zurück, zum Beweise, dass der Metallstab selbst wieder unelektrisch geworden sei. Nähert man die geriebene Stange abermals dem Metallstabe, so findet wieder Divergenz der Pendelpaare statt. Diese Hervorrufung des elektrischen Zustandes in einem Körper (Metallstab) durch Annäherung eines elektrisirten Körpers (Glas- oder Ebonitstange) heißt Elektrisirung durch Vertheilung oder elektrische Influenz.

Hat man den Knopf des Goldblatt-Elektroskopes mit einer schwach geriebenen Glasstange berührt, so divergiren die Blättchen mit positiver Elektricität. Bei Annäherung einer stärker geriebenen Glasstange divergiren sie noch mehr. Bei Annäherung einer geriebenen Hartgummistange fallen sie zusammen; umgekehrt, wenn der Knopf des Elektroskopes mit einer schwach geriebenen Ebonitstange berührt wurde. Man hat es somit in seiner Hand, mittels dieses Instrumentes, wie oben erwähnt wurde, die Art der Elektricität nachzuweisen.

Benützt man dieses Goldblatt-Elektroskop, nachdem es mit einer bestimmten Elektricitätsart geladen wurde, zur Untersuchung jener Elektricitätsarten, mit denen die Doppelpendel des vorerwähnten Metallstabes divergiren, so wird man finden, dass die beiden Pendelpaare entgegengesetzte Elektricität besitzen. Hat man dem Metallstabe eine geriebene Glasstange genähert so erweist sich das der Glasstange nähere Pendelpaar als negativ, das von der Glasstange entferntere Pendelpaar als positiv elektrisch; umgekehrt wird bei Annäherung einer geriebenen Ebonitstange das nähere Pendelpaar positiv, das entferntere negativ elektrisch. Hieraus folgt, dass erstlich die beiden Elektricitätsarten im Metallstabe schon früher vorhanden gewesen sein müssen; denn trotz genauester Messungen haben die genäherten geriebenen Stangen nichts an ihrer Elektricität eingebüßt und zweitens, dass diese Elektricitäten im Metallstabe in gleicher Menge vorhanden gewesen sein müssen, weil sie nach Entfernung der geriebenen Stangen sich wieder auslöschten (neutralisirten), wodurch der Metallstab unelektrisch wurde.

Durch Versuche wurde festgestellt:

a) Dass alle Körper gleiche Mengen entgegengesetzter Elektricitäten in neutralisirtem Zustande besitzen (natürliche Elektricitäten der Körper);

b) dass nur jene Körper als elektrisirt erscheinen, welche die eine oder andere Elektricitätsart im Überschuss besitzen;

c) dass der elektrische Zustand der Körper nicht dem Gleichgewichtszustande ihrer Massentheilchen entspricht, sondern vielmehr als ein Zwangszustand angesehen werden muss, von dem sich die Körper nach Möglichkeit zu befreien suchen;

d) dass durch Annäherung eines elektrisirten Körpers die natürlichen Elektricitäten zerlegt und in der Art voneinander geschieden werden, dass die ungleichnamige Influenz-Elektricität erster Art angezogen wird, sich also in die Nähe des elektrisirten Körpers begibt, die gleichnamige Elektricität dagegen abgestoßen wird, also am entgegengesetzten Ende möglichst entfernt vom elektrisirten Körper auftritt.

Die gleichnamige Influenz-Elektricität zweiter Art kann abgeleitet werden, die ungleichnamige Influenz-Elektricität erster Art dagegen nicht; sie ist von der influencirenden Elektricität der genäherten geriebenen Glas- oder Ebonitstange gebunden, sie bindet aber ihrerseits auch die Elektricität der genäherten Stangen, so lang diese in der Nähe des Metallstabes sich befinden.

Hievon kann man sich leicht überzeugen. Berührt man das abgewendete Ende des Metallstabes, dem eine geriebene Glas- oder Ebonitstange genähert wurde, mit dem Finger, so fällt das an dem berührten Ende hängende Pendelpaar zusammen; dieses Ende ist somit unelektrisch geworden, während das der geriebenen Stange genäherte Ende des Metallstabes sich noch als elektrisch erweist, indem dessen Pendelpaar divergirt. Entfernt man nun vorerst den berührenden Finger vom Metallstabe und bringt unter einem die geriebene Stange außer dem Bereiche des Metallstabes, so erweist sich der ganze Metallstab nunmehr als dauernd elektrisch, es divergiren beide Pendelpaare, und zwar mit entgegengesetzter Elektricität als die genäherte, geriebene Stange besaß.

Auf Influenz beruhen fast alle elektrischen Erscheinungen: sie ist die Ursache der Anziehung und Abstoßung leichter Körper seitens einer elektrisirten Stange, sie ist auch die Ursache der Elektrisirung durch Mittheilung.

Nähert man beispielsweise eine geriebene Glasstange leichten beweglichen Gegenständen, so werden die natürlichen Elektricitäten derselben durch Influenz zerlegt, die entgegengesetzte Elektricitätsart angezogen, die gleichnamige abgestoßen. Es besitzen demnach diese beweglichen leichten Körperchen in ihren, der Glasstange näheren Partien negative Elektricität in ihren von der Glasstange entfernteren Partien hingegen positive Elektricität. Infolge des Grundgesetzes elektrischer Anziehung und Abstoßung zieht die positiv elektrische Glasstange die an der ihr zugewendeten Seite negativ elektrischen Gegenstände an, die, weil sie eben leicht beweglich sind, dieser Anziehung Folge leisten, und neutralisirt durch Berührung deren negative Elektricität durch eine gleiche Menge ihrer positiven Elektricität. Nunmehr besitzen diese leichten Körperchen jedoch nur mehr ihre positive Elektricität, sind also nach der Berührung gleichnamig elektrisch mit der Glasstange und werden nach dem Gesetze, dass gleichnamig elektrische Körper einander abstoßen, von der Glasstange auch wirklich abgestoßen.

Scheinbar hat die Glasstange eine bestimmte Menge positiver Elektricität an diese leichten Körperchen abgegeben, da sie nach der Berührung, genauen Messungen zufolge, gerade so viel an Elektricität eingebüßt hat, als jene an positiver Elektricität aufweisen, in Wirklichkeit aber hat sie nur

die durch Influenz in den leichten Gegenständen erregte negative Elektricität neutralisirt, wodurch sich ihr Verlust an positiver Elektricität erklärt.

Wir unterscheiden demnach zwei Elektricitätsarten, nämlich die positive und die negative. Des weiteren machen wir Unterschied zwischen freier Elektricität, die fortgeleitet werden kann, und gebundener, die nicht fortgeleitet werden kann; übrigens kann auch diese unter Umständen (beispielsweise nach Entfernung des influenzirenden Glasstabes) zur Wirkung gelangen. Von der freien und gebundenen Elektricität werden noch die neutralisirte, d. h. unwirksam gemachte (ausgelöschte) Elektricität, sowie die natürliche Elektricität jedes Körpers unterschieden.

Durch die Reibung findet ebenfalls nur eine Vertheilung der natürlichen Elektricitäten der Glas-, beziehungsweise Ebonitstange statt; denn während die Glasstange positiv wird, erweist sich das Reibzeug, sei es ein Kautschuk- oder Seidenlappen, als negativ elektrisch. Desgleichen wird die Ebonitstange negativ, dagegen ihr Reibzeug, nämlich das Katzenfell positiv elektrisch. Es findet also nirgends die Hervorrufung bloß einer Elektricitätsart, sondern immer die Erregung beider Elektricitätsarten, und zwar immer in gleicher Menge statt. Auch haben genaue Untersuchungen gezeigt, dass nicht nur die genannten, sondern alle Körper, auf geeignete Weise behandelt, in den elektrischen Zustand versetzt werden können. Des ferneren ist zu erwähnen, dass nicht nur durch das Reiben, sondern durch alle übrigen mechanischen Einwirkungen, nämlich durch Zerschneiden, Zerbrechen, Zerspalten, Feilen, Schaben, Drücken, Pressen, ferner durch Erwärmen, Abkühlen, Schmelzen, Verdampfen, Verdunsten, dann durch Magnetismus, Elektricität, chemische Vorgänge etc. etc. Körper in den elektrischen Zustand versetzt werden können.

Ehedem glaubte man, dass nur einige Körper, wie z. B. Bernstein, Schwefel, Harze, Glas, Krystalle u. s. w., in den elektrischen Zustand versetzt werden können und nannte sie idioelektrische Körper im Gegensatze zu den Metallen und anderen, von denen man annahm, dass sie nicht in den elektrischen Zustand versetzt werden können und die man den ersteren gegenüber als unelektrisch unterschied. Doch bewies schon Gray, dass auch die Leiter in den elektrischen Zustand versetzt werden können, wenn man sie zuvor hinreichend isolirt. Steckt man eine an einem Ende verschlossene Metallröhre an einen Glasstab, hält die Röhre an diesem Glasstabe und reibt sie nun mit Katzenfell oder Seidenzeug, so wird sie elektrisch.

Es werden somit alle Körper durch mechanische Einflüsse in den elektrischen Zustand versetzt; durch Reibung speciell wird ferners, wie bereits erwähnt, immer der eine der Körper positiv, der andere negativ elektrisch. So wird beispielsweise trockenes Glas, mit amalgamirtem Leder gerieben, entschieden positiv elektrisch, desgleichen trockenes Papier mit Schießbaumwolle gerieben. Das amalgamirte Leder und die Schießbaumwolle erweisen sich hiebei als negativ elektrisch.

Vielfach wurden die verschiedenen, in dieser Richtung näher untersuchten Körper in eine Reihe gebracht, in welcher ein vorhergehender Körper von einem nachfolgenden gerieben, immer positiv, der nachfolgende immer negativ elektrisch wird. So lautet beispielsweise Faraday's Reihe (1843): Katzen- und Bärenfell, Flanell, Elfenbein, Federkiele, Bergkrystall, Flintglas, Baumwolle, Leinwand, weisse Seide, die Hand, Holz, Eisen und die anderen Metalle, Schwefel etc.

Übrigens hängt die Art der hervorgerufenen Elektricität nicht allein von der materiellen Beschaffenheit des Reibzeuges oder geriebenen Körpers, sondern auch von der Oberflächenbeschaffenheit, Temperatur, Art des Reibens u. s. w. ab.

Was den Sitz der Elektricität in den elektrisirten Körpern anbelangt, so ergibt ein einfacher Schluss, dass die freie Elektricität sich nur über die Oberfläche der Körper ausbreitet.

Ist ein Körper mit positiver oder negativer Elektricität geladen, so werden sich die gleichnamigen Elektricitäten im Innern des Körpers so lange abstoßen, bis sie an die Grenze eines Nichtleiters (Luft oder isolirende Stütze) gelangen. Wäre der betreffende Körper nicht isolirt, so würde sich der elektrische Zustand über alle, mit ihm in Berührung stehenden Leiter verbreiten; aus diesem Grunde übergeht die Elektricität bei Berührung eines elektrisirten Körpers mit dem Finger sofort auf die Erde, die als ein immenses Elektricitätsreservoir anzusehen ist.

Da sich der elektrische Zustand nur an der Oberfläche der Körper ausbreitet, so wird dieselbe Elektricitätsmenge auf einer kleineren Fläche in größerer D i c h t e vorhanden sein, als auf einer größeren Fläche (elektrische Dichte nennt man die Elektricitätsmenge der Flächeneinheit). Dementsprechend wird die dichtere Elektricität auch eine größere Spannung besitzen.

Da die freie Elektricität auf der Oberfläche nur durch die Unmöglichkeit, in die nichtleitende Umgebung zu übergehen, zurückgehalten wird, so übt sie infolge der Abstoßung der anliegenden Elektricitätstheilchen einen Druck auf das isolirende Mittel aus, welcher dem Quadrate der elektrischen Dichte direct proportional ist und e l e k t r i s c h e S p a n n u n g genannt wird. (Bekanntlich besitzt gebundene Elektricität eine oft bedeutende Dichte ohne Spannung; letztere ist im Gegentheil nur eine Eigenschaft der freien Elektricität.)

Die Elektricitätsmenge der Reibungselektricität ist im allgemeinen gering, aber ihre Spannung gewöhnlich sehr groß. Bei der galvanischen Elektricität werden wir das Umgekehrte finden, nämlich verhältnismäßig große Elektricitätsmenge bei geringer Spannung. Das Verhältnis der Elektricitätsmenge zur Spannung (Quantität zu Intensität) lässt sich am besten mit den analogen Beziehungen bei der Wärme vergleichen. Bekanntlich unterscheiden wir auch hier Wärmequantität (Wärmemenge) und Intensität (Temperaturgrad). Erwärmt man beispielsweise 1 m^3 Wasser von 0° auf 20° C., so repräsentirt die hiezu verwendete Wärme 20.000 Calorien (Wärmeeinheiten). Erwärmt man 1 cm^3 Wasser von 0° auf 100° C., so ist hiezu nur $^1/_{10}$ Calorie nothwendig. Und doch wird der Finger durch den siedend heißen cm^3 Wasser verbrüht (dieser äussert sich sehr intensiv heiß), während die untersuchende Hand den m^3 Wasser kaum lau finden wird. (Die Intensität des cm^3 Wassers ist fünfmal so groß als die des m^3 Wasser, dagegen die Wärmemenge des letzteren 200.000mal so groß als die des ersteren).

Aus der Art der Vertheilung der Elektricität auf der Oberfläche der Körper folgt, dass die elektrische Dichte auf einer Kugel überall gleich sein wird. Auf einem Ellipsoide wird die Elektricität an den um einen kleineren Radius gekrümmten Stellen der Oberfläche in größerer Dichte angehäuft sein, als an Stellen, die um einen größeren Radius gekrümmt sind; auf einem Kegel wird nahezu die ganze Elektricität sich an der Spitze vereinigen.

Dies ergibt sich aus der früheren Betrachtung, die uns schon a priori zu dem auf verschiedentliche Arten bewiesenen Satze führt, dass sich die Elektricität nur an der Oberfläche der Körper verbreitet. Auf einer ebenen Fläche äußert sich die ganze Spannung der Elektricität an ihren Rändern, weil die Abstoßung vom Centrum der Fläche gegen die Peripherie hin erfolgt; daher wird auch an scharfen Rändern, Kanten und Spitzen die Elektricität die größte Dichte erlangen. Infolge der an diesen Stellen großen Spannung überwindet die Elektricität leicht Hindernisse und übergeht auch auf minder gute Leiter. Aus diesem Grunde lässt sich ein mit scharfen Kanten, Ecken und Spitzen versehener Körper, wenn er auch sonst wohl isolirt ist, nicht so lange elektrisch erhalten, als eine ebenso große und wohl isolirte Kugel; denn von den Spitzen, Kanten und Ecken übergeht die Elektricität allmählich in die Luft, (Elektricitätsverlust durch *Zerstreuung*), dagegen übergeht andererseits auch die Elektricität leichter in eine Spitze, Kante oder Ecke, als auf eine Fläche oder einen stumpfen Körper (*Spitzenwirkung*).

Die erste Wirkung der Elektricität war eine mechanische: *elektrische Anziehung und Abstoßung*. Sie erfolgt *Coulomb's* (1785) Untersuchungen zufolge proportional dem Producte der auf beiden sich anziehenden oder abstoßenden Körpern vorhandenen *Elektricitätsmengen*, und umgekehrt dem Quadrate des Abstandes dieser Körper. Außer diesen mechanischen Wirkungen der Elektricität lassen sich noch optische, akustische, thermische, physiologische, elektrische, magnetische und chemische Wirkungen derselben durch entsprechende Experimente nachweisen.

Reibt man eine Ebonitstange nachdrücklich mit Katzenfell und nähert derselben einen Fingerknöchel, so sieht man einen Funken von der Ebonitstange auf den Knöchel überspringen; zugleich nimmt man ein knisterndes Geräusch und eine prickelnde Empfindung im Fingergelenke wahr. (Optische, akustische und physiologische Wirkung.) Der elektrische Funke ist die Vereinigung beider entgegengesetzten Elektricitätsarten (elektrische Entladung) durch die Luft (oder andere Isolatoren). Lässt man den elektrischen Funken auf Schwefeläther überspringen, so wird derselbe hiedurch entzündet. Auf gleiche Weise können Metalldrähte geschmolzen und leicht brennbare Körper entzündet werden (thermische Wirkungen). In der Nähe der geriebenen Stange nimmt man einen eigenthümlichen brenzlichen Geruch wahr; derselbe rührt von Ozon her, einer allotropischen durch die Elektricität verursachten Modification des Sauerstoffes (chemische Wirkung). Die Influenz ist als elektrische Erregung (somit elektrische Wirkung) bereits besprochen worden. Führt man einen isolirten (umsponnenen) Draht, an dessen einem Ende eine kleine Metallkugel sich befindet, im Bogen um einen beweglichen Magnet, so dass die Windungen senkrecht zu der Schwingungsebene des letzteren stehen, verbindet das freie Ende dieses Drahtes mit der Erde und lässt auf die Kugel am Anfange dieses Drahtes elektrische Funken überspringen, so wird bei jedesmaliger Entladung der Magnet aus seiner Ruhelage (dem magnetischen Meridiane) gebracht und (gegen den magnetischen Äquator hin) abgelenkt werden. Windet man einen isolirten Draht um eine Glasröhre, bringt in diese eine Stahlnadel, leitet das eine Ende des Drahtes zur Erde ab und lässt auf das andere Drahtende Funken überspringen, so wird die Nadel magnetisch (magnetische Wirkungen). Um jedoch diese verschiedenen Wirkungen der Elektricität nachzuweisen, ist es vortheilhafter, Elektricität

größerer Spannung zu benützen oder mit einer größeren Elektricitätsmenge zu experimentiren, als durch die Reibung einer Glas- oder Ebonitstange erhalten wird.

Hiezu dienen elektrische Apparate, welche entweder größere Elektricitätsmengen liefern (Elektrophor, Elektrisirmaschine), oder die Elektricität zu größerer Spannung ansammeln, (Franklin'sche Tafel, Kleist'sche Flasche und die Condensatoren) oder unter Umständen beide Leistungen zu vereinigen vermögen (Influenzmaschine).

Der Elektrophor.

Der Elektrophor ist ein Apparat zur wiederholten Benützung freier Elektricität durch längere Zeit infolge einer einmaligen Anregung. Wohl wird er in dieser Beziehung von den Elektrisirmaschinen übertroffen, die beliebige Elektricitätsmengen bequemer zu erregen ermöglichen; auch wird der Elektrophor heutzutage nicht mehr zu therapeutischer Anwendung herangezogen. Dennoch muss er besprochen werden, weil er die Grundlage der Construction der Influenzmaschinen, die neuerdings zu Heilzwecken benützt werden, bildet.

Der Elektrophor besteht wesentlich aus drei Theilen: der Form, dem Harzkuchen und dem Helm oder Deckel.

In einfachster Ausführung wird dieser Apparat durch eine dünne Hartgummischeibe, die an ihrer unteren Fläche mit Stanniol überkleidet ist, und eine im Durchmesser kleinere Zinkblechscheibe dargestellt. Letztere muss an ihrem Rande abgerundet und mit einem isolirenden Griffe versehen sein. Peitscht man die Hartgummischeibe mit einem Fuchsschwanz, so wird ihre Oberfläche negativ elektrisch. Diese negative Elektricität wirkt auf die Unterseite der Scheibe influencirend ein, zieht die positive Elektricität an, während die gleichnamige negative durch die Stanniolbelegung fortgeleitet wird.

Legt man central auf die gepeitschte Hartgummischeibe den Helm oder Deckel (die Zinkscheibe) auf, so wird die negative Oberfläche der ersteren die natürliche Elektricität des Deckels zerlegen, die positive an der Unterseite binden und die negative an die obere Fläche desselben abstoßen. Hebt man den Deckel isolirt auf, so vereinigen sich die beiden Elektricitäten und er erweist sich als völlig unelektrisch. Weder durch das Aufliegen des Deckels, noch durch das isolirte Abheben desselben wird an dem elektrischen Zustande des Kuchens etwas geändert. Berührt man aber vorher den Deckel leitend mit dem Finger, so leitet man die abgestoßene freie negative Elektricität seiner oberen Fläche ab, und der Deckel erweist sich nun isolirt abgehoben als positiv elektrisch.

Nach der Berührung des Deckels bleibt auf demselben bloß die gebundene positive Influenzelektricität erster Art zurück; diese hält vor dem Abheben des Deckels die negative Elektricität der oberen Fläche des Kuchens in Schach, welche letztere ihren Einfluss auf die positive Elektricität der Unterseite der Hartgummischeibe verliert. Wäre die Hartgummischeibe ein guter Leiter der Elektricität, so würde ihre positive Elektricität sofort in die Erde abgeleitet werden. Weil aber die Hartgummischeibe als schlechter Leiter der Elektricität der Fortbewegung derselben von Molecül zu Molecül

bedeutende Hindernisse entgegensetzt, kann diese positive Elektricität nicht abgeleitet werden, äußert aber dafür ihrerseits eine influencirende Wirkung auf die Form, indem sie deren natürliche Elektricität zerlegt, die negative anzieht und die positive abstößt, welche in die Erde abgeleitet wird. Auf diese Weise wird die positive Elektricität der Unterseite der Hartgummischeibe jetzt durch die negative Elektricität der Stanniolbelegung festgehalten und kann nicht durch Zerstreuung in die Luft geschwächt werden oder gar nach und nach verloren gehen. Wird der Deckel abgehoben, so hört die influencirende Wirkung seiner positiven Elektricität auf die Oberfläche der Hartgummischeibe auf, deren negative Elektricität nunmehr abermals auf ihre positive Unterseite einwirkt und diese bindet. Hiedurch wird die negative Elektricität der Stanniolbelegung wieder frei, kann abgeleitet werden und erweist sich dann wieder als unelektrisch. Beim erneuten Auflegen, Berühren und Abheben des Deckels wiederholen sich abermals die geschilderten Vorgänge und genügt dementsprechend eine einzige Anregung, um von diesem Apparate unter Umständen durch Monate, ja selbst durch Jahre noch Elektricität zu erhalten, daher auch der Name Elektrophor.

Legt man den Deckel auf den gepeitschten Kuchen, berührt mit dem Daumen zunächst die Form und legt den Zeigefinger sodann an den Deckel an, so fließt die dem oben Gesagten zufolge nunmehr freie (ableitbare) positive Elektricität der Form durch die Hand zum Deckel und die negative Elektricität des Deckels ebenfalls durch die Hand zur Form zurück, wobei die Hand eine Zuckung empfindet.

Diese entgegengesetzte Bewegung und Neutralisirung beider Elektricitäten in einem Leiter wird elektrischer Strom genannt.

Die Elektrisirmaschine.

Die Elektrisirmaschine ist ein Apparat zur bequemen Erzeugung freier Elektricität. Sie besteht in ihrer einfachsten Ausführung aus einer Glasscheibe, die mittels einer Kurbel gedreht werden kann, aus zwei durch elastischen Federdruck an die Seiten der Glasscheibe angepressten Reibkissen und dem zur Aufnahme der frei werdenden Elektricität dienenden Conductor. Letzterer ist eine hohle Metallkugel, welche auf einem Glasfuße in der Höhe der Glasscheibe isolirt auf dem den ganzen Apparat tragenden Holzgestelle steht. Von diesem Conductor geht ein hufeisenförmiges wohl abgerundetes metallenes Ansatzstück aus, innerhalb dessen Schenkeln die Glasscheibe bewegt werden kann. Diese beiden Schenkel tragen an ihrer, der Glasscheibe zugekehrten Seite, je eine feine Metallspitze, welche um 1 bis $1^1/_2$ *mm* von der Glasscheibe absteht; diese ganze Vorrichtung wird Sauger genannt. Die Glasscheibe, beziehungsweise ihre Achse, ist ebenfalls isolirt, indem das Gestell für dieselbe aus dicken Glasstäben besteht. An der vom Conductor entgegengesetzten Seite der Glasscheibe befindet sich ein ebenfalls isolirtes Stativ für die Reibkissen. Dasselbe besitzt an einem horizontalen Stücke zwei nach aufwärts gerichtete Streben, innerhalb deren die Reibkissen mittels ihrer Metallfedern festgehalten und durch letztere continuirlich

gegen die Glasscheibe gepresst werden. Die Reibkissen bestehen aus entsprechenden Holzplatten, die mit einigen Flanellagen bedeckt und an ihrer, der Glasscheibe zugekehrten Fläche, mit einem amalgamirten Lederüberzuge versehen sind. An ihrer Außenseite besitzen sie die Metallfedern und werden derart zu beiden Seiten der Glasscheibe in die vorbesprochene Holzscheere eingeschoben, dass sie bei normaler Drehung der Maschine von links nach oben rechts und unten in gleicher Stellung verbleiben. (Bei entgegengesetzter Drehung hingegen fallen die Reibkissen aus ihren Scheeren heraus.) Vom amalgamirten Lederüberzuge der Reibkissen geht eine Metallverbindung zu einem an ihrem Holzgestelle befestigten, meist cylindrischen (negativen) Conductor.

Wird die Glasscheibe in der angegebenen Weise gedreht, so wird sie durch das Reiben gegen die amalgamirten Lederflächen der Reibkissen positiv, letztere dagegen negativ elektrisch. Die negative Elektricität der Reibkissen verbreitet sich über deren Conductor, der mit der Erde in Verbindung gesetzt werden soll und wird hiedurch beständig abgeleitet.

Die positive Elektricität der Glasscheibe wirkt vertheilend auf den (positiven) Conductor, zieht durch die Saugspitzen dessen negative Elektricität an, neutralisirt auf diese Weise ihre eigene, positive Elektricität und lässt auf dem Conductor die abgestoßene, gleichnamige positive Elektricität zurück. Dies wiederholt sich bei neuerlicher Drehung der Scheibe so lange, bis am Conductor das Maximum der Spannung erreicht ist.

Dieses Maximum hängt von der Größe des Conductors, von der Oberflächenbeschaffenheit und Isolirung desselben, von dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft, von den umgebenden Gegenständen u. s. w. ab. An einem größeren Conductor lässt sich in der Regel mehr Elektricität anhäufen, als an einem kleineren. Zur Vergrösserung der Oberfläche des Conductors hat Winter (in Wien) einen großen Holzring auf den Conductor gesetzt, innerhalb dessen ein feiner Metalldraht in vielen Spiralwindungen eingelagert ist. Befindet sich an der Oberfläche des Conductors eine Spitze, so strömt die Elektricität desselben schon bei geringerer Spannung durch diese Spitze aus, indem sie an derselben eine so große Dichte erlangt, dass sie den Widerstand der Luft durchbricht; ist die Luft feucht, so leitet sie die Elektricität des Conductors ab. Dasselbe leistet eine in der Nähe des Conductors befindliche Flamme oder in der Nähe desselben vorhandene Spitzen, Kanten und Ecken. Ich hatte eine sonst verlässliche Elektrisirmaschine nahe einer mit Tapeten überzogenen Wand aufgestellt und bemühte mich vergeblich, am Conductor freie Elektricität anzusammeln; um die Ursache dieser Störung rasch zu entdecken, verdunkelte ich das Zimmer und bemerkte nun, wie längs des Goldstreifens der Tapete ein lebhafter Lichtstreifen bis zum Gasarme fortlief. Ich stellte die Maschine in die Mitte des Zimmers und sie entsprach sofort, wie früher.

Da derlei Apparate nicht nur früher zu Heilzwecken herangezogen wurden, sondern dermalen neuerdings von mehrfacher Seite empfohlen werden, ist zu erwähnen, dass jede Elektrisirmaschine ein Instrument für sich ist, d. h. dass selbst die gewissenhafteste Nachbildung der einzelnen Stücke einer guten Elektrisirmaschine durchaus nicht eine gleiche Wirkung der neuen Maschine verbirgt. [1]) Es muss demnach jede Maschine in Bezug auf

[1]) Riess, Die Lehre von der Reibungselektricität, I. Bd, pag. 284.

ihre Leistungsfähigkeit vorerst geprüft werden. Diese Leistungsfähigkeit wird, ganz abgesehen von der richtigen mechanischen Ausführung, in erster Linie von den verwendeten Materialien abhängen. So eignen sich z. B. das vollkommen durchsichtige farblose Glas weniger für die Scheiben als dasjenige, das kleine glänzende Pünktchen (Kieselsäure) im durchfallenden Lichte zeigt. Beigemischte Metalloxyde sollen die Isolation des Glases nicht alteriren, mit Ausnahme der des Mangans und Kobalts, aus welchem Grunde violette [1]) und blaue Gläser zu Scheiben für Elektrisirmaschinen unbrauchbar sind. Desgleichen sind neugeblasene Gläser, frischgegossene oder frischgeschliffene Platten hiezu weniger geeignet und werden vielmehr erst durch den Gebrauch, wobei von ihnen die Glashaut abgerieben wird, entsprechend. [2]) Die Elektrisirscheibe wirkt ferner unter sonst gleichen Umständen um so kräftiger, je dünner sie ist; das Glas wird nämlich durch das Reiben bis zu einiger Tiefe elektrisch, so dass die beiden geriebenen Flächen einer Elektrisirscheibe zwei einander gegenüberstehende, mit gleicher Elektricität versehene Scheiben von geringer Dicke darstellen. Nun werden nach den Gesetzen der elektrischen Anordnung die von einander abgewendeten Flächen dieser Scheiben eine desto größere elektrische Dichtigkeit besitzen, je näher sie zu einander stehen, je geringer somit die Dicke der Elektrisirscheibe ist. [3])

Was den Sauger betrifft, so ist es vortheilhafter, wenn er beweglich als wenn er fix angebracht wird; denn, soll auf dem Conductor Elektricität von großer Spannung angesammelt werden, so müssen die Saugspitzen beiderseits möglichst nahe der Glasscheibe stehen; handelt es sich aber darum, nach und nach größere Elektricitätsmengen fortzuleiten, so sollen die Saugspitzen von der Glasscheibe etwas weiter abstehen.

Des ferneren soll die Glasscheibe beiderseits eben geschliffen sein, damit die Reibzeuge derselben allseits möglichst genau anliegen, auf dass die Glasscheibe keine Elektricitätsverluste durch das Reibzeug erleide, was nur durch innige Berührung beider erreicht wird, da zwischen Isolator (Glas) und Leiter (Reibkissen), die sich in einer ebenen Fläche berühren, die elektrische Mittheilung schwer eintritt. Die größte Gefahr der Mittheilung ist an dem Rande des Kissens, an dem die Scheibe das Kissen verlässt, und deshalb ist daselbst ein durch ein Glimmerblatt oder eine federnde Spange aus Hartgummi gestützter und eben erhaltener Fortsatz aus Taffet oder mit Schellack imprägnirtem, reinen Wollstoffe angebracht, der bis zum Conductor reicht.

Das zum Auftragen auf die Reibzeuge verwendete Amalgam besteht nach Kienmayer aus 1 Thl. Zinn, 1 Thl Zink und 2 Thl. Quecksilber, nach Pfister aus 2 Thl. Zinn, 3 Thl. Zink und 4 Thl. Quecksilber. Letzteres soll besser sein.

Der Elektrotherapeut Theodor Clemens in Frankfurt am Main hat an seiner Elektrisirmaschine 2 Paar Reibkissen, eines unten und das andere oben, angebracht. Auch hat er zur Ansammlung größerer Elektricitätsmengen mehrere große Conductoren, die auf Glasfüßen stehen und mit dem Conductor der Maschine leitend verbunden werden.

Soll eine sonst brauchbare Maschine functioniren, so muss sie entsprechend instandgehalten werden. Vorerst ist stets dafür zu sorgen,

---

[1]) Saxtorph, Elektricitätslehre, I, pag. 141.
[2]) Priestley, History of Electricity, pag. 585.
[3]) Riess l. c.

dass die Glasscheibe rein, dass alle Glastheile trocken und nicht von tieferer Temperatur als die umgebende Luft seien.

An kälteren Glastheilen schlägt sich die Feuchtigkeit aus der Luft in Form einer dünnen unsichtbaren continuirlichen Flüssigkeitsschichte nieder, welche einen guten Leiter der Elektricität repräsentirt.

Ein zweites Erfordernis ist, dass die Reibkissen immer wohl amalgamirt seien. Das fein gepulverte und durchgesiebte Amalgam wird mittels Fett (am besten Cacaobutter) auf die Lederlappen mittels eines Korkstöpsels so lange eingerieben, bis die Lederfläche in ihrer ganzen Ausdehnung blank spiegelnd erscheint. Nach längerem Gebrauche ist das alte Amalgam zu entfernen. Das Amalgam muss des fernern den Lederflecken gut adhäriren, damit es nicht an der Glasfläche hängen bleibe. Sollte letzteres geschehen, so muss die Glasscheibe sofort mit Terpentin oder Schwefeläther gewaschen und hernach mittels Spiritus gereinigt und trocken abgerieben werden. Endlich ist ein Augenmerk auf die vollkommene Ableitung des Reibzeuges zu richten.

Von der Elektrisirmaschine verwendet man entweder die positive oder die negative Elektricität, je nach Bedarf. Soll die negative benützt werden, so wird der positive Conductor zur Erde abgeleitet und die Elektricität des negativen Conductors des Reibzeuges entweder direct verwendet, oder wo dies unbequem wäre, eine isolirte Fortleitung zu einem separaten, auf einem Glasfuß stehenden Conductor hergestellt.

Außerdem sind zur therapeutischen Anwendung dieser Maschinen Elektroden nothwendig, nämlich Metallstäbe oder Holzstäbe mit durchgängigem dicken Drahte, die beweglich auf hohen Glasfüßen angebracht sind, und an ihren freien Enden entweder Metallkugeln oder kegelförmige oder verschiedenartig plattenförmige Ansätze tragen. Die ganze Leitung ist überdies an einer Stelle unterbrochen und eine Vorrichtung zur Schließung derselben vorhanden.

Verbindet man den positiven Conductor metallisch mit dem negativen, so strömt die Elektricität durch diesen Schließungsbogen während der Scheibendrehung und gleicht sich in demselben unsichtbar und unhörbar aus: elektrischer Strom.

Die Ansammlungsapparate.

Die einfachste Form dieser Apparate ist der **Condensator.** Er besteht aus zwei ebenen Metallplatten, die mit isolirenden Handhaben versehen und an ihrer freien Oberfläche mit einer dünnen Lackschichte überzogen sind. Eine dieser Platten heißt die Collector-, die andere die Condensatorplatte. Dieser Apparat dient zum Nachweise geringer Elektricitätsmengen.

Berührt man mit einem schwach elektrisirten Körper beispielsweise den Knopf eines Goldblattelektroskopes, so wird unter Umständen keine Divergenz der Goldblättchen eintreten. Schraubt man jedoch statt des Knopfes auf den Metallstab, der die Goldblättchen trägt, eine der an ihrer freien Oberfläche lackirten Metallplatten (Condensatorplatte) horizontal auf, legt die zweite mit ihrer ebenfalls lackirten Fläche (Collectorplatte) auf dieselbe, berührt die obere nicht lackirte Fläche

der letzteren mit dem auf seine Elektricität zu prüfenden Körper, während man gleichzeitig die untere, ebenfalls nicht lackirte Fläche der Condensatorplatte mit dem Finger ableitend berührt, und hebt nach Entfernung des Fingers sodann die Collectorplatte an ihrer isolirenden Handhabe ab, so werden die Goldblättchen des Elektroskopes selbst für den Fall, dass nur eine Spur von Elektricität an dem zu prüfenden Körper vorhanden war, doch merklich divergiren.

Ein Theil dieser geringen Elektricitätsmenge übergeht hiebei auf die Collectorplatte und wirkt durch die dünne Lackschicht auf die Condensatorplatte influencirend ein, zieht die entgegengesetzte Elektricität an und stößt die gleichnamige Elektricität ab, welche letztere infolge der Berührung mit dem Finger zur Erde abgeleitet wird. Es verbleibt somit auf der Condensatorplatte nur die gebundene Influenzelektricität erster Art zurück, welche durch die dünne Lackschichte die influencirende Elektricität nunmehr zum größten Theile bindet, so dass nur ein geringer Bruchtheil derselben frei bleibt. Da die freie Spannung an der Collectorplatte hiedurch sehr erheblich vermindert wurde, kann von dem schwach elektrisirten Körper abermals Elektricität auf die Collectorplatte übergehen, die wieder auf die Condensatorplatte zerlegend einwirkt, wodurch der eben beschriebene Vorgang sich neuerdings wiederholt. Auf diese Weise kann so lange Elektricität von dem zu prüfenden Körper auf die Collectorplatte übergehen, bis die gesammte freie Spannung an derselben eben so groß ist, als auf dem zu untersuchenden Körper. Indessen wurde an beiden Platten Elektricität von weit höherer Spannung angesammelt. Hebt man nun die Collectorplatte an ihrer isolirenden Handhabe ab, so gelangt die an der Condensatorplatte gebunden gewesene Influenzelektricität erster Art zur Wirkung und die Goldblättchen divergiren, jedoch mit der entgegengesetzten Elektricität, als der zu untersuchende Körper besaß. Eine andere Form dieser Apparate bildet

Die **Franklin'sche Tafel**. Diese besteht aus einer Glasplatte, die an ihren beiden Flächen mit Stanniol überzogen ist; jedoch bleibt ein breiter Rand der Glasplatte beiderseits von der Stanniolbelegung frei und wird mit Schellackfirnis überzogen. Die Vorderseite (der Condensatorplatte entsprechend) wird mit dem Conductor der Elektrisirmaschine verbunden, die Rückseite (der Collectorplatte vergleichbar) zur Erde abgeleitet. Die Ladung der beiden Belegungen erfolgt nach demselben Principe, wie die Ladung des Condensators.

Die Kleist'sche Flasche (fälschlich auch Leydnerflasche genannt) ist gleichsam nur eine andere Ausführung der Franklin'schen Tafel. Sie besteht aus einem innen und außen mit Metallüberzug versehenen Glasgefäße. Die Belegungen gehen ebenfalls nicht bis zum freien Rande (Hals oder Mündung) dieses Glasgefäßes, sondern bleibt eine gewisse Strecke der Innen- und Außenfläche von der Belegung frei und wird mit einem isolirenden Firnis überzogen; die obere Öffnung des Glasgefäßes wird desgleichen mit einem isolirenden Verschluss versehen. Durch diesen geht ein Metallstab, der die innere Belegung berührt und an seinem oberen freien Ende eine Metallkugel trägt. Wird der Metallknopf mit dem Conductor der Elektrisirmaschine in Verbindung gesetzt, die äußere Belegung zur Erde abgeleitet, so wird dieser Apparat auf gleiche Weise geladen, wie die vorigen zwei besprochenen. Um eine größere Spannung zu erhalten werden mehrere

solche Kleist'sche Flaschen zu einer elektrischen Batterie vereinigt, indem man die äußeren und inneren Belegungen derselben metallisch unter einander verbindet. Zu gewissen Zwecken wird auch eine andere Combination gewählt: es wird nämlich die äußere Belegung der ersten Flasche mit dem Knopf der zweiten, die äußere Belegung dieser mit dem Knopf der dritten u. s. f. leitend verbunden, während der Knopf der ersten Flasche mit dem Conductor der Elektrisirmaschine und die äußere Belegung der letzten Flasche mit der Erde in Verbindung gesetzt wird.

In neuerer Zeit werden sogenannte **Condensatoren** hergestellt, die eigentlich nichts anderes sind, als Batterien aus Franklin'schen Tafeln. Diese Apparate bestehen aus abwechselnden Lagen von Stanniol und Paraffinpapier, welche aufeinander geschichtet werden, so dass sie gleichsam eine riesig große zusammengefaltete Franklin'sche Tafel vorstellen. Die der äußeren und inneren Belegung entsprechenden abwechselnden Stanniolplatten werden durch Stanniolstreifen, die über den Rand des isolirenden Paraffinpapieres gelegt werden, verbunden und diese ganze Batterie in einer Cassette aus trockenem, innen wohl gefirnissten Holze untergebracht.

An den Breitseiten dieser Cassetten befinden sich metallene Ausleitungen, die mit der vorderen, beziehungsweise rückwärtigen Belegung in leitender Verbindung stehen. Derlei Apparate werden zu technischen Zwecken verwendet, beispielsweise zu elektrischen Messungen, indem dieser Apparat von einer Elektricität erzeugenden Maschine vollgeladen und dann bei Einschaltung eines entsprechenden Messinstrumentes plötzlich entladen wird.

Auf der Wiener elektrischen Ausstellung 1883 hatte Dr. Boudet de Paris einen derartigen Apparat ausgestellt, der zu Heilzwecken bestimmt war. Die Holzcassette, welche diese große Franklin-Tafel enthielt, war handlich und hatte eine Vorrichtung, durch welche automatisch eine intermittirende Entladung durch den menschlichen Körper analog wie bei den Inductionsapparaten vorgenommen werden konnte.

Außer diesem letzterwähnten Condensator wird noch die Kleist'sche Flasche neuerdings zu Heilzwecken herangezogen.

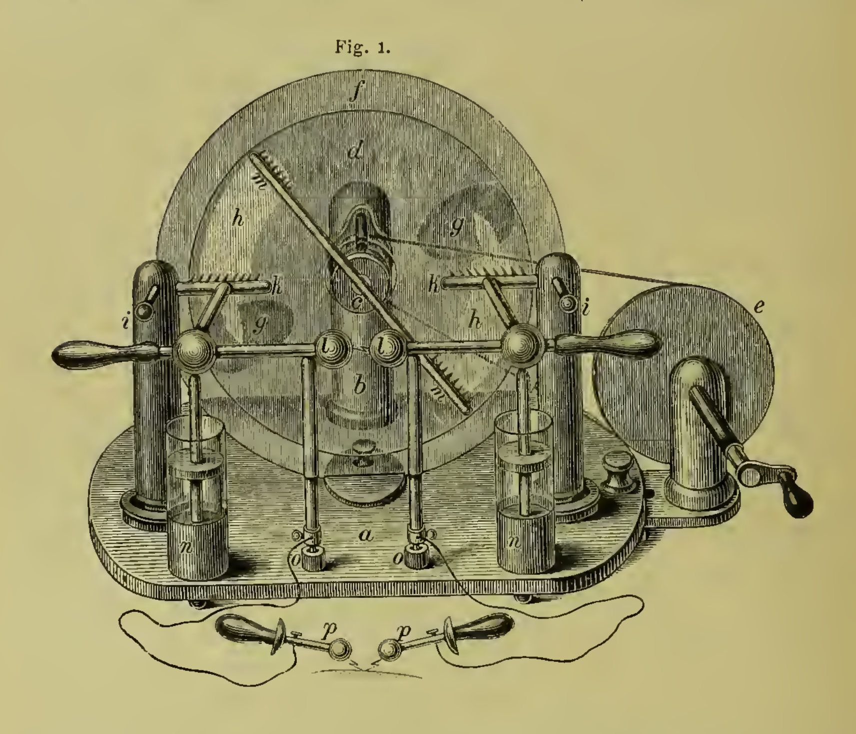
Diese Apparate werden gemeiniglich Verstärkungs- oder Ansammlungsapparate genannt. Sie sind die eigentlichen Accumulatoren (während die sogenannten Secundärelemente nur fälschlich diesen Namen führen). Es kann mit Hilfe dieser Ansammlungsapparate bei entsprechender Größe und Ausführung derselben jede beliebige elektrische Spannung angehäuft werden. Dass auf der Collectorplatte immer ein Überschuss freier Elektricität bleibt, hat seinen Grund, weil die Condensatorplatte einerseits mit der Erde verbunden ist, wodurch deren Spannung vermindert wird, und andererseits durch die Dicke der isolirenden Schichte hindurchwirken muss, wodurch sie infolge des Widerstandes des schlechten Leiters abermals etwas von ihrer Spannung einbüßt, wogegen die Collectorplatte mit dem Conductor oder dem elektrischen Körper in directer Verbindung steht und schon aus diesem Grunde immer einen Überschuss freier Spannung behält. Dieser Überschuss freier Spannung auf der Collectorplatte hängt von der Dicke der isolirenden Schichte ab: je geringer diese ist, desto geringer ist auch dieser Überschuss, je geringer aber derselbe ist, desto öfter kann der Ladungsprocess vor sich

gehen, bis die Summe der jeweiligen Spannungsreste an der Collectorplatte die gleiche Spannung erreicht, die der Conductor der Elektrisirmaschine oder der elektrische Körper besitzt.

Die Influenzmaschine.

Die Influenzmaschine (Fig. 1) ist ein Apparat zur Erzeugung von hochgespannter Elektricität. Die Einrichtung derselben ist im wesentlichen folgende: Auf einer horizontalen Stativplatte *a* aus Holz stehen drei verticale Ständer *b i i*. Der Ständer *b* trägt die Achse *c* für die

Fig. 1.



Glasscheibe *d*, welche durch das Rad *e* in Rotation versetzt werden kann. Hinter der Glasscheibe *d* ist eine größere Glasscheibe *f* mit der ersteren parallel isolirt aufgestellt und durch isolirende Klemmen, die von den Ständern *i i* nach rückwärts ausgehen, unbeweglich fixirt. Unten steht diese Scheibe im Einschnitte einer isolirenden Stützplatte. Die fixe Scheibe *f* besitzt in ihrem Centrum ein kreisförmiges Loch zum Durchtritte der Achse *c* für die bewegliche Scheibe *d* und nahe ihrer Peripherie noch zwei diametral gegenüberstehende ovale Ausschnitte *g g*. An ihrer äußeren Seite trägt sie zwei Papierbelegungen *h h*, welche mit einem spitzen Zahnfortsatze bis in die Mitte der ovalen Ausschnitte *g g* reichen. Sowohl die also adjustirte fixe Scheibe *f*, als auch die rotirende Scheibe *d* sind gleichmäßig mit Schellackfirnis überzogen. Der Abstand

beider Scheiben beträgt 3 *mm* und müssen dieselben einander parallel und zugleich vertical stehen, damit bei der Rotation die Scheibe *d* nicht an der fixen Scheibe *f* streife. An den Ständern *i i* sind mit Saugkämmen versehene Metallcylinder *k k* nach vor- und rückwärts verschiebbar angebracht; die Saugspitzen stehen den Belegenden an den ovalen Ausschnitten gegenüber. Von diesen Metallcylindern gehen nach vorne Arme aus, an denen Holzkugeln befestigt sind, durch welche lange Metallstäbe hindurchgehen, die nach innen die Metallkugeln *l l* und nach außen isolirende Hartgummigriffe tragen, mittels deren die Metallkugeln *l l* einander genähert und von einander entfernt werden können. Da diese Metalltheile einander in den Holzkugeln berühren, stehen die Saugspitzen *k k* mit den Metallkugeln *l l* in leitender Verbindung.

Vor den Ständern *i i* stehen zwei Kleist'sche Flaschen *n n*, deren innere Belegungen Metallcontacte an den Holzkugeln berühren und hiedurch ebenfalls sowohl mit den Saugspitzen *k k*, als auch mit den Metallkugeln *l l* leitend verbunden sind. Die äußeren Belegungen stehen durch eine unterhalb des Brettes gelegte Leitung untereinander in Verbindung. Außerdem stehen noch auf dem Brette *a* die beiden mit Klemmschrauben versehenen Metallständer *o o*, über welche oben geschlossene Metallröhren verschiebbar sind. Diese Metallröhren können entweder, wie in der Fig. 1 dargestellt, nach aufwärts geschoben werden und stehen sodann mit den Kugeln *l l* (den Kleist'schen Flaschen *n n* und den Saugkämmen *k k*) in Verbindung oder aber können dieselben nach abwärts geschoben und diese Verbindung somit unterbrochen werden. Von den Klemmen dieser Metallständer gehen wohl isolirte Leitungskabel zu den Elektroden *p p*.

Nähert man die beiden Metallkugeln *l l* einander bis zur Berührung, schiebt die Röhren an den Metallständern *o o* hinab, so dass die leitende Verbindung zwischen diesen und den Kugeln *l l* unterbrochen ist, entfernt zugleich die beiden Kleist'schen Flaschen *n n*, setzt die Glasscheibe *d* von links nach rechts derart in Bewegung, dass sie gegen die Papierzähne rotirt und berührt hernach beispielsweise die vom Drehrade *e* entferntere linke Papierbelegung *h* mit einer mit Katzenfell geriebenen Hartgummiplatte, so vernimmt man bei trockenem Wetter während der Rotation ein zischendes Geräusch und spürt beim Drehen einen stets zunehmenden Widerstand. Entfernt man nun die beiden Metallkugeln *l l* von einander, so sieht man zwischen denselben einen oder ein ganzes Buschel gebogener violetter Fäden, die unter fortwährendem Zischen der Platte unaufhörlich von einer Kugel zur anderen fortsprühen, solange man dreht. Würde man die Metallkugeln *l l* gegen kegelförmige, in scharfe Spitzen ausgehende Ansätze vertauschen, so würde man (bei unausgesetzter Rotation der Scheibe *d*) ein aus unzähligen Fünkchen bestehendes Bündel zwischen den Spitzen überströmen sehen. Bringt man nun (unter fortwährender Rotation der Scheibe *d*) die beiden Kleist'schen Flaschen an ihre Plätze, so erhält man nach Aufsetzen der Kugeln *l l* zwischen diesen einen constanten Strom von Funken, die um so größer und knallender sind, je weiter man die Kugeln *l l* von einander entfernt. Noch stärker, fast wie Pistolenknalle, werden die Funken, wenn man eine der beiden Kleist'schen Flaschen entfernt, und an ihrer statt eine directe Verbindung zwischen der betreffenden

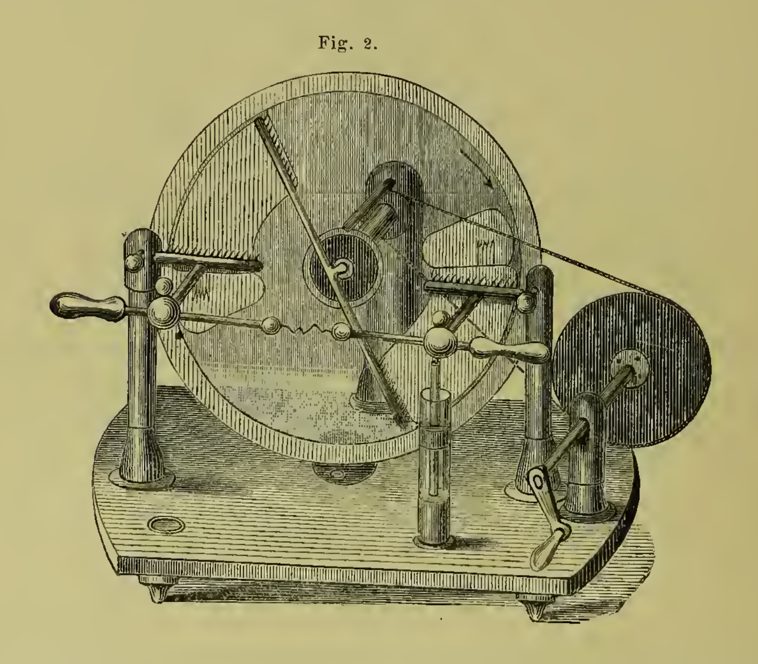
Metallkugel *l* und der von der äußeren Belegung der anderen Flasche unter dem Brette *a* gehenden Leitung herstellt, so dass eine der Kugeln mit der inneren, die andere mit der äußeren Belegung dieser Flasche in Verbindung stehen.

Entfernt man die Kugeln *l l* von einander, schiebt die Röhren der Metallständer *o o* bis zur Berührung der ersteren nach aufwärts, so wird nun der Funkenstrom zwischen den Conductoren *p p* übergehen.

Hat man die Kugeln *l l* über die Schlagweite der Maschine von einander entfernt, so erweist sich dieselbe gewöhnlich sofort als entladen und muss neuerlich angeregt werden. Will man dies verhindern, so bringe man einen an der Achse *c* der Glasscheibe *d* drehbaren, mit zwei Saugkämmen versehenen Metallstab *m m* mit den Saugern *k k* in leitende Verbindung.

Die Influenzmaschine wurde im Jahre 1865 gleichzeitig von Holtz und Töpler unabhängig von einander erfunden. Fig. 1 zeigt eine nach einem von Leiter in Wien ausgeführten Modelle gezeichnete Holtz'sche Maschine. In Fig. 2 ist zum Vergleiche eine Töpler'sche Maschine mit

Fig. 2.



Hinweglassung der linken Kleist'schen Flasche der beiden vorne stehenden Metallständer *o o*, der mit ihnen in Verbindung stehenden Elektroden, sowie der Buchstaben nach einem von Stöhrer in Leipzig ausgeführten Modelle dargestellt. Zum Unterschied von der ersteren ragen bei dieser (Töplerschen) Maschine von den Papierbelegungen mehrfach gezähnte Papierfortsätze in die Mitte der Ausschnitte der fixen Platte.

Was die Anregung und Wirksamkeit der Influenzmaschine anbelangt, so ist sie eigentlich einem Elektrophor vergleichbar, und zwar stellen die Papierbelegungen die Harzkuchen und die mit den Saugkämmen in Verbindung stehenden Metallkugeln den Deckel oder Helm vor, nur muss man

sich hier zwei derartige Apparate in verkehrter Anordnung mit einander combinirt vorstellen. Zur leichteren Orientirung denken wir uns bei Besprechung der Wirkungen dieser Maschine die Buchstaben *g h i k l m n o p* der linken Seite in Fig. 1 von den gleichnamigen der rechten Seite dadurch unterschieden, dass wir uns letztere mit *g' h' i' k' l' m' n' o p'* bezeichnet vorstellen.

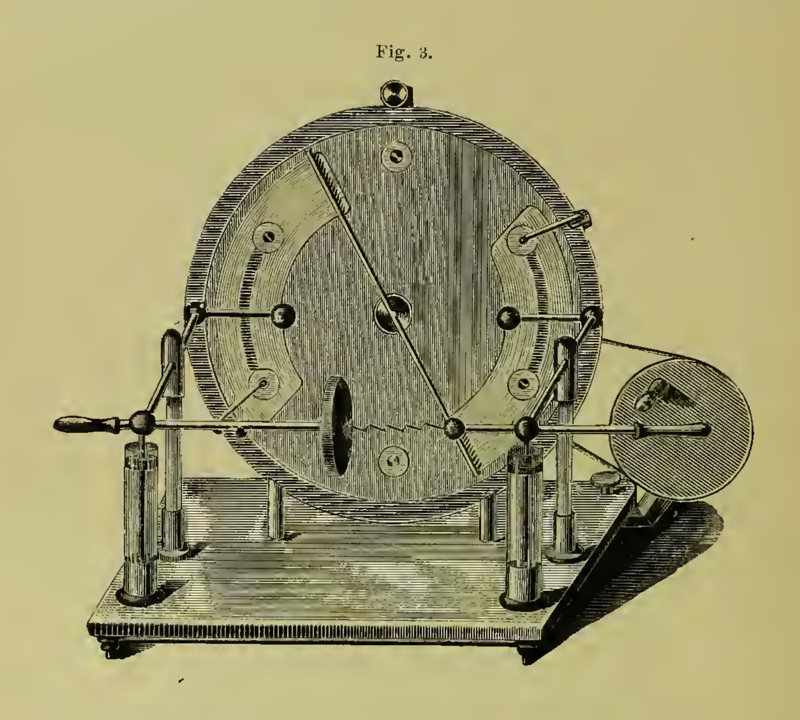
Die der linken Belegung *h* durch Berührung mit der geriebenen Hartgummiplatte zugeführte negative Elektricität, die sich in größter Dichte in dem in die ovale Öffnung der Scheibe *f* ragenden Zahne ansammelt, wirkt durch die Glasscheibe *d* auf den Metallcylinder *k* influencirend ein; die positive Influenzelektricität wird gegen die Scheibe *d* angezogen, und die negative in die Kugel *l* abgestoßen. Infolge der großen Spannung, welche die in den Spitzen des Cylinders *k* angezogene positive Elektricität erhält, übergeht sie auf die Glasplatte *d*. (Eigentlich wirkt sie ihrerseits vertheilend auf die Vorderfläche der Glasscheibe *d*, zieht daselbst die negative Elektricität an, neutralisirt dieselbe, und wird auch von ihr neutralisirt, wodurch positive Elektricität auf der Scheibe *d* zurückbleibt.) Hiedurch wird jede vor den Saugern vorbeikommende Stelle der Scheibe *d*, somit ihre ganze obere Hälfte positiv elektrisch. Diese positive Elektricität übergeht bei der Rotation der Scheibe auf den Zahn der rechten Papierbelegung *h'*, wodurch dieser selbst positiv elektrisch wird. (Eigentlich gehen auch hiebei Influenzwirkungen und Neutralisirungen der entgegengesetzten Elektricität vor sich, die durch die große Dichte an den Spitzen des Zahnfortsatzes begünstigt werden.) Die hiedurch positiv gewordene Papierbelegung *h'* wirkt nun durch die Glasplatte auf den Metallstab *k'* vertheilend ein, zieht die negative Influenzelektricität gegen die rotirende Glasscheibe in die Saugspitzen und stößt die positive in die Metallkugel *l'* ab. Hier findet dieselbe Einwirkung seitens der Saugspitzen auf die vorbeikommenden Stellen der Scheibe *d* statt, wie vorher auf der linken Seite; es wird nämlich die Elektricität der rotirenden Glasscheibe an diesen Stellen durch die Influenzwirkung der Saugspitzen *k'* zerlegt, die positive Elektricität angezogen und neutralisirt, weshalb die negative Influenzelektricität auf der Glasscheibe zurückbleibt. Hiedurch wird die untere Hälfte der Glasscheibe negativ elektrisch. Diese negative Elektricität kömmt bei der Rotation der Scheibe an den linken Papierkuchen *h* und übergeht durch den Zahnfortsatz auf denselben, erhält ihn somit negativ, aus welchem Grunde die geriebene Hartgummiplatte bald entfernt werden kann. (Der Kürze halber wurde einfach gesagt, die negative Elektricität des Kuchens *h* wirkt durch die rotirende Glasscheibe influencirend auf den Metallcylinder *k*. Eigentlich ist dies auch ein complicirterer Vorgang; es wirkt nämlich die negative Elektricität der Papierbelegung zerlegend auf die ihr zugekehrte Fläche der Glasscheibe, und macht sie negativ, indem sie die positive Elektricität aus derselben zieht, und sich selbst neutralisirt. Diese negative Elektricität der Glasscheibe wirkt nun zerlegend auf die natürliche Elektricität der Glasscheibe selbst, zieht die ungleichnamige positive gegen die Mitte der Glasplatte und bindet sie, wogegen sie die gleichnamige negative an die Vorderseite abstößt, die nun abgeleitet werden kann, während die gebundenen Elektricitäten keine freie Spannung besitzen, und somit weiters nicht in betracht kommen.)

Diese beiden Maschinen müssen durch einen elektrischen Körper angeregt werden und entladen sich sofort, wenn die Glasscheibe nicht mehr

rotirt wird. Fig. 3 stellt eine Töpler'sche Maschine dar, die beim Rotiren sich selbst anregt.

Es wird somit, wenn die linke Papierbelegung negativ elektrisch gemacht wurde, immer die obere Hälfte der Glasscheibe positiv, die untere Hälfte derselben negativ elektrisch sein, die positive Elektricität der oberen Hälfte der rotirenden Scheibe wird hiebei auf die rechte Papierbelegung *h'* und die negative Elektricität der unteren Hälfte der Scheibe ebenso auf die Papierbelegung der linken Seite *h* übergehen. Hiedurch wird zugleich freie negative Elektricität auf der Metallkugel *l* und freie positive Elektricität auf der Metallkugel *l'* angehäuft. Die Ladungen der beiden Papierbelegungen werden so lange fortschreiten, bis diese das Maximum an Spannung erreicht haben. Durch die Bewegung wird die Anziehung der entgegen-

Fig. 3.



gesetzten Elektricitäten aufgehoben, wodurch immer neue Influenzwirkungen und Ansammlung freier Elektricität auftritt. Die sich hiebei permanent neutralisirenden entgegengesetzten Elektricitäten vereinigen sich unter Lichterscheinungen, die bei der Wirksamkeit der Maschine im Finstern deutlich wahrnehmbar sind und aus Lichtbüscheln bestehen, welche am positiven Saugkamme garbenartig auseinanderfahrend länger, am negativen Saugkamme mehr concentrirt von geringerer Ausbreitung, sowie von violetter Farbe sind. Hiedurch wird das zischende Geräusch verursacht und ist zugleich durch die Überwindung der gegenseitigen Anziehung beider Platten der sich stets steigernde Widerstand bei der Rotation der Scheiben erklärt. Es wird also hier gerade so, wie beim Elektrophor, lebendige Kraft in Elektricität umgewandelt. Beim Elektrophor dient diese Kraft zum Abheben des Deckels, somit zur Überwindung der zwischen dem abgeleiteten Deckel und dem

Harzkuchen stattfindenden Anziehung der sich gegenseitig bindenden Elektricitäten, bei der Influenzmaschine zur Rotation, wodurch ebenfalls die Trennung der sich gegenseitig bindenden Influenzelektricitäten herbeigeführt wird. Die Influenzmaschine ist somit eine Transformationsmaschine, in welcher lebendige Kraft in Elektricität umgesetzt wird, in welcher die gebildete Elektricität nichts anderes ist, als ein Äquivalent der aufgewendeten mechanischen Arbeit. Um dies zu beweisen, verbinde man die Metallkugeln *l l'* einer Influenzmaschine mit den Saugkämmen *k k'* einer anderen, drehe die erste Maschine, so wird die hiebei entwickelte Elektricität auf die Kämme der zweiten Maschine übergehen und dort die Glasscheibe in rotirende Bewegung versetzen, wodurch die Äquivalenz von Arbeitsverbrauch und entwickelter Elektricität bewiesen erscheint. Die Influenzmaschine gleicht somit in dieser Beziehung einer dynamo-elektrischen Maschine, die auch nur eine Umwandlungsmaschine mechanischer Arbeit in Elektricität ist.

Die Influenzmaschine liefert eine größere Quantität Elektricität als die Elektrisirmaschine und zugleich von höherer Spannung, die man noch in der angegebenen Weise steigern kann. Übrigens ist zu erwähnen, dass, je mehr hier die producirte Elektricität an Spannung gewinnt, sie desto mehr an Quantität verliert, weil die verwandelte Arbeitsgröße stets dem Producte aus der Elektricitätsmenge mit ihrer Spannung proportional ist.

Die früher erwähnten mechanischen, thermischen, optischen, akustischen, chemischen, elektrischen, magnetischen und physiologischen Wirkungen lassen sich mit den Verstärkungsgläsern, zumal mit einer Kleist'schen Batterie oder mit der Influenzmaschine, noch in sehr hohem Grade steigern.

Historisches. Die erste Beobachtung einer einschlägigen Erscheinung, nämlich der Anziehung leichter Gegenstände durch geriebenen Bernstein, wird von den altgriechischen Schriftstellern einem der sieben Weisen Griechenlands, dem Gründer der jonischen philosophischen Schule Thales v. Milet (640—548 v. Chr.) zugeschrieben. Thales schloss (580 v. Ch.) aus dieser Beobachtung, dass der Bernstein beseelt sei, und von den angezogenen Körpern ernährt werde. Da der Bernstein im Griechischen Elektron (ἤλεκτρον) heißt, wurden später alle einschlägigen Erscheinungen als elektrische bezeichnet. (Diese Benennung der eben erwähnten Eigenschaft des Bernsteins wurde indes erst nach 2000 Jahren, nämlich im Jahre 1600 von Gilbert gebraucht und in die Wissenschaft eingeführt; früher betrachtete man die Anziehung leichter Körper durch geriebenen Bernstein als magnetische Wirkung.) Nach neueren Schriftstellern (z. B. Guttmann) soll übrigens der griechische Name des Bernsteins von seiner Eigenschaft, gerieben, leichte Gegenstände anziehen zu können, herzuleiten sein (indem ἤλεκτρον vom griechischen Verbum ἕλκειν ziehen oder vom arabischen elek anhaften abgeleitet wird; auch heißt der Bernstein im Arabischen „Strohräuber").

Dritthalb Jahrhunderte später entdeckte Theophrastus v. Eresus (371—286) die gleiche anziehende Eigenschaft an einem geriebenen Krystalle (?), den er Lynkurion nannte.

Dies sind unsere gesammten Überlieferungen über Beobachtungen einschlägiger Erscheinungen des Alterthums und Mittelalters bis 1600. Es blieb somit dieses Feld durch 22 Jahrhunderte vollkommen brach.

Erst der Leibarzt der Königin Elisabeth und des Königs Jacob I. von England, Gilbert (1540—1603), erweiterte um das Jahr 1600 die Kenntnisse über Elektricität, indem er die verschiedensten Körper in Bezug auf ihre anziehende Wirkung in geriebenem Zustande untersuchte und dieselbe in solche eintheilte, welche durch Reiben elektrisch werden, und in solche, die durch Reiben nicht elektrisch gemacht werden können. Er machte auch einen Unterschied zwischen der elektrischen und magnetischen Anziehung und hatte schon beobachtet, dass elektrisirte Körper durch Feuchtigkeit, Rösten und Brennen ihre elektrische Anziehungskraft verlieren. Gilbert stellte auch schon eine Theorie über das Wesen der Elektricität auf; nach ihm findet durch Reiben ein Ausfluss aus den elektrisirbaren Körpern statt; dieser Ausfluss sei bei den nicht elektrisirbaren Körpern zu zähflüssig und erdig, weshalb er nicht zur Wirkung gelange. Die Anziehung finde analog dem Zusammenfließen zweier Tropfen statt.

Erst ein halbes Jahrhundert später (1663) wurde die elektrische Abstoßung durch den Magdeburger Bürgermeister Otto v. Guericke (1602 bis 1686), somit gerade $22^1/_2$ Jahrhunderte nach dem Bekanntwerden der elektrischen Anziehung, entdeckt. Von Guericke rührt auch die erste Elektrisirmaschine (eine durch die Hand geriebene Schwefelkugel) her; er beobachtete auch schon Influenzerscheinungen, die elektrische Leitung, Mittheilung, das die elektrischen Erscheinungen begleitende Knistern, ohne dass er eine dieser Erscheinungen beachtet oder zu erklären versucht hätte. Erst 12 Jahre später (1675) lernte Robert Boyle (1626—1691) die Gegenseitigkeit der elektrischen Wirkung zwischen dem anziehenden und angezogenen Körper kennen; ihm wurde es auch klar, dass die Oberflächenbeschaffenheit auf die Intensität und Dauerhaftigkeit der Elektrisirung von Einfluss sei und er nahm auch die erste elektrische Lichterscheinung, nämlich das schwache Leuchten geriebenen Diamants im Finstern, wahr. In demselben Jahre fand Newton (1642—1727), dass Glasplatten mit Wolle oder Seide gerieben, stärker elektrisch werden, als wenn man sie mit der Hand reibt und stellte ebenfalls eine Theorie über das Wesen der Elektricität auf, indem er annahm, dass vom erregten Körper ein elastisches Fluidum ausgehe, das imstande sei, in das geriebene Glas einzudringen.

Erst nach weiteren 33 Jahren entdeckte Dr. Wall (1708) bei Reibung eines großen Stückes Berustein auf Wolle den elektrischen Funken und den ihn begleitenden Knall und sprach im prophetischen Sinne, dass diese Erscheinungen einigermaßen an Blitz und Donner erinnern. Um dieselbe Zeit beobachtete Hawksbee die erste physiologische Wirkung der Elektricität, indem er bei Annäherung elektrisirter Glasröhren ein prickelndes Gefühl im Gesichte wahrnahm.

So waren 23 Jahrhunderte seit dem Bekanntwerden der elektrischen Anziehung verstrichen und hatten die hervorragendsten Kräfte sich mit der Erforschung der Elektricitätslehre beschäftigt, ohne dass bis zu dieser Zeit auch nur der Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern ausgesprochen, ohne dass die elektrische Influenz erkannt worden wäre, gar nicht zu sprechen von der elektrischen Polarität und dem Grundgesetz elektrischer Anziehung und Abstoßung

Erst Stefan Gray entdeckte am 2. Juli 1729 den Unterschied zwischen elektrischen Leitern und Nichtleitern, sowie die elektrische Influenz. 4 Jahre später erfand er den Isolirschemel und erklärte in nicht misszuverstehender Weise den Blitz und Donner für elek-

trische Erscheinungen, die einfach dem elektrischen Funken und dem ihn begleitenden Knistern entsprechen.

Nahezu ein Jahrzehnt später (1737) entdeckte Dufay (1698—1739) den Unterschied zweier Elektricitätsarten, die er zuerst Glas- und Harzelektricität (Électricité vitrée et resineuse) nannte. Auch fand er, dass die Leiter der Elektricität auch durch Reiben elektrisch gemacht werden können, wenn man sie hiebei nur hinreichend isolirt und erkannte den leitenden Charakter der Flamme. Um diese Zeit beschäftigten sich die Professoren Hansen und Winkler (in Leipzig), Bose (in Wittenberg), Gordon (in Erfurt) etc. mit der Verbesserung der Elektrisirmaschine und brachten dieselbe schon zu ziemlicher Vollkommenheit.

Am 11. October 1745 entdeckte v. Kleist die Verstärkungsflasche, vermochte jedoch nicht die Wirkungsweise derselben zu erklären, was erst Franklin, Wilke und Aepinus thaten.

So waren nahezu dritthalb Jahrtausende seit der Erkenntnis der elektrischen Anziehung verstrichen, bis durch Franklin in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die elektrische Polarität, sowie das Grundgesetz elektrischer Anziehung und Abstoßung entdeckt wurde. Er führte auch für die Glaselektricität die Bezeichnung positive (+) und für die Harzelektricität die Bezeichnung negative (—) Elektricität ein. Überdies erklärte er noch die Influenzerscheinungen, die Wirkung der Verstärkungsgläser, die Spitzenwirkung und stellte eine Theorie über das Wesen der Elektricität auf, indem er annahm, dass die Elektricität ein imponderables Fluidum sei, das sich in allen Körpern in bestimmter Menge gleichmäßig verbreitet fände. Erhält ein Körper durch irgend einen Vorgang ein größeres Quantum von diesem Fluidum, so erweist er sich als positiv elektrisch; wird in einem Körper die Menge dieses Fluidums vermindert, so wird derselbe negativ elektrisch. So einfach diese Theorie auch scheint, so complicirt gestaltet sie sich jedoch beim Versuche, mit Hilfe derselben die elektrischen Erscheinungen zu erklären. Aus diesem Grunde musste Franklin drei Gesetze aufstellen, nämlich: 1. die Theilchen des elektrischen Fluidums stoßen einander ab, 2. die Theilchen des elektrischen Fluidums und die materiellen Theilchen ziehen einander an, und 3. die Theilchen der ponderablen Materie stoßen auch einander ab, was jedoch dem Newton'schen Gravitationsgesetze, wonach die materiellen Theilchen sich gegenseitig anziehen, widerspricht. Darum neigte Franklin auch später der Symmer'schen Theorie zu, die zwei elektrische Fluida annimmt und alle elektrischen Erscheinungen dadurch erklärt, dass zwischen den Theilchen dieser elektrischen Fluida und den materiellen Körpertheilchen Anziehung stattfinde und dass sich die gleichartigen elektrischen Theilchen abstoßen und die ungleichartigen elektrischen Theilchen anziehen, in beiden Fällen aber die materiellen Molecüle mit sich fortreißen. Nach Symmer besitzt jeder unelektrische Körper eine gleiche Menge beider Elektricitätsarten, die sich gegenseitig neutralisiren. Durch gewisse Vorgänge (z. B. durch Reibung) werden diese Fluida von einander getrennt, wobei die eine Elektricität in das Reibzeug tritt, die andere Elektricität dagegen am geriebenen Körper zurückbleibt.

Diese Symmer'sche Ansicht ist in der Folge in fast alle Lehrbücher der Physik zur Erklärung des Wesens und der Wirkungsweise der Elektricität übergegangen, ohne dass sie auch nur im entferntesten dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechen würde. Sie stammt vielmehr noch aus dem Zeitalter der Imponderabilien, wo noch das Phlogiston, der

Lichtstoff, der Wärmestoff, die elektrischen und magnetischen Fluida etc. zur Erklärung der betreffenden Erscheinungen dienten; heutzutage sind sie alle insgesammt verlassen und werden die bezüglichen Erscheinungen lediglich durch Zustände der Materie, an denen sie wahrgenommen werden, in vollkommen befriedigender Weise erklärt. So z. B. lässt sich auch die Wärme anderen Körpern mittheilen, und werden auch hier gute und schlechte Leiter der Wärme unterschieden; andererseits beobachten wir auch Wirkungen der (strahlenden) Wärme in die Ferne durch andere Körper hindurch, die nicht erwärmt werden etc., ohne zur Erklärung dieser Thatsachen einen unwägbaren Körper voraussetzen zu müssen. In gleicher Weise sind auch die elektrischen Erscheinungen nur Zustände der Materie und werden dereinst in derselben Weise, wie das Licht und die Wärme, durch Bewegungszustände materieller Theilchen (Äther- oder Körpermolecüle) ihre befriedigende Erklärung finden. Diese Auffassung des Wesens der Elektricität ist durch gewisse Wechselbeziehungen zwischen den genannten Erscheinungsgruppen schon nahe gerückt, doch würde es zu weit führen, hierauf näher einzugehen.

Galvanismus.

Der galvanische Strom.

Füllt man ein Trinkglas über die Hälfte mit verdünnter Schwefelsäure oder concentrirter Zinksulfatlösung und stellt sodann in die Flüssigkeit je eine aus dem Glasgefäße hervorragende Zink- und Kupferplatte, verbindet endlich die hervorragenden Enden der beiden Metalle (die sich in der Flüssigkeit nirgends berühren dürfen) mit einem blanken Kupferdrahte, so wird man sofort eine leichte Trübung der Flüssigkeit und Ansammlung von Gasblasen, zumal an der Kupferplatte wahrnehmen. Entfernt man den die beiden Platten berührenden Kupferdraht, so hört die Gasentwicklung auf, die Flüssigkeit wird wieder klar und durchsichtig. Wiederholt man den Versuch und legt wieder einen Kupferdraht horizontal auf die aus der Flüssigkeit hervorragenden Enden der Platten, so tritt sofort die frühere Erscheinung auf; bringt man unter den Verbindungsdraht eine Glasplatte und streut feine Eisenfeilspäne auf den Draht, so bleiben diese nach Entfernung der Platte (die bloß das Hineinfallen der Eisenfeilspäne in die Flüssigkeit hindern sollte) rings an dem Drahte, wie an einem Magnete, hängen. Bringt man wieder die Glasplatte unter den Draht und hebt letzteren von den beiden Metallplatten ab, so hört wieder die vorbesprochene Gasentwicklung auf und zugleich fallen auch die Eisenfeilspäne vom blanken Kupferdrahte ab. Er hat somit seine frühere (magnetische) Eigenschaft verloren.

Nimmt man zwei Kupferdrähte, setzt den einen auf die Zink-, den anderen auf die Kupferplatte, und berührt mit den freien Enden dieser beiden Drähte die Zunge, so nimmt man schon nach kurzer Zeit eine Geschmacksempfindung wahr, und zwar sauer an dem Drahte, der von der Kupferplatte kömmt, und laugenhaft an dem von der Zinkplatte kommenden Drahte.

Befeuchtet man die freien Enden dieser Drähte und bringt sie an die geschlossenen Augen, so nimmt man entoptische Lichterscheinungen, Funken, wahr.

Stellt man eine Boussole in die Nähe dieses Glasgefäßes, legt über die Glasplatte der Boussole einen Kupferdraht in der Richtung

der Ruhelage der Magnetnadel (magnetischen Meridian), so dass er gegen den etwa hervorragenden Rand der Metallfassung der Boussole isolirt ist und berührt die beiden Enden dieses Drahtes mit den freien Enden der beiden, von der Kupfer- und Zinkplatte ausgehenden Verbindungsdrähte, so erfolgt sofort eine Ablenkung der Magnetnadel von ihrer Ruhelage in einer gesetzmäßigen, später noch des näheren zu besprechenden Weise und besteht die Ablenkung so lange, als die Berührung zwischen den Drahtenden stattfindet.

Nähert man die freien Enden der von den beiden Metallplatten ausgehenden Kupferdrähte einander auf einige Millimeter und legt auf ihre freien Enden einen sehr dünnen Platindraht, so wird er warm (unter Umständen selbst glühend); übrigens erweist sich auch das Glasgefäß, beziehungsweise die Flüssigkeit nach diesen Versuchen bedeutend wärmer als sie vorher waren.

Berührt man mit den Enden der von der Kupfer- und Zinkplatte kommenden Drähte zwei nahe einander gelegene Stellen eines befeuchteten Jodkalium-Stärkekleisterpapiers, so wird man sofort am Berührungspunkte des von der Kupferplatte kommenden Drahtes einen blauen Fleck (herrührend von der Bläuung der Stärke durch ausgeschiedenes Jod) wahrnehmen.

Diese Zusammenstellung (Kupferplatte — Flüssigkeit — Zinkplatte — Verbindungsdraht) äußert somit den eben besprochenen Versuchen zufolge chemische, thermische, magnetische und physiologische Wirkungen, erweist sich somit als eine Elektricitätsquelle. Untersuchen wir die freien Enden der aus der Flüssigkeit hervorragenden Metalle am Elektroskope (mittels des Condensators), so zeigen sie elektrische Spannungen, wodurch die Identität dieser Erscheinungsgruppe mit den entsprechenden Erscheinungen, die wir als Wirkungen der Reibungselektricität kennen gelernt haben, erwiesen ist. Wir können auch in der That alle die hier angeführten Experimente mit der Reibungselektricität hervorbringen, aber ein Unterschied wird in der Wirkungsart sofort auftreten, indem diese Erscheinungen bei Verwendung der Reibungselektricität nur momentan, somit in kurzer Zeit, verlaufen, während wir bei den letzterwähnten Experimenten diese Erscheinungen durch eine längere Zeit continuirlich auftreten sehen (dauernde Anziehung von Eisenfeilspänen, continuirliche Ablenkung der Magnetnadel, ununterbrochene Geschmacksempfindung etc., so lange die Berührung der Drähte stattfindet).

An den Berührungsstellen zwischen den beiden Metallplatten und der Flüssigkeit wird fortwährend Elektricität hervorgerufen, die durch den Verbindungsdraht von einer Platte zur anderen und von dieser durch die Flüssigkeit zur ersteren zurück nach zwei entgegengesetzten Richtungen strömt, sich immer ausgleicht und immer wieder von neuem angeregt wird.

Wir lernten den elektrischen Strom schon im Capitel von der Reibungselektricität kennen; allein dort war es nur ein Momentanstrom, sowohl beim Elektrophor als auch bei der Elektrisir- und Influenzmaschine. Wir sprachen daher auch nur vom Funkenstrom, von einzelnen, rasch aufeinander folgenden Entladungen; freilich können diese bei der Elektrisirmaschine und noch mehr bei der Influenzmaschine sehr rasch auf einander folgen, allein eine Pause, wenn

auch eine noch so kurze, ist doch zwischen den einzelnen Phasen der Einsaugung durch die Spitzen zu unterscheiden.

Diese Phasen finden in der besprochenen Glaszelle nicht statt, weshalb auch dieser Strom zum Unterschiede vom elektrischen (der Reibungs- und Influenzmaschine) der galvanische oder continuirliche Strom und diese Elektricitätsart auch die fließende, strömende, galvanische oder einer älteren Anschauung zufolge Berührungselektricität (im Gegensatze zur Reibungselektricität) genannt wird.

Das Glasgefäß mit den zwei Metallplatten und der Flüssigkeit wird ein galvanisches Element oder eine galvanische Kette genannt, und zwar ohne Verbindungsdraht eine offene, und wenn die beiden, aus der Flüssigkeit hervorragenden Enden der Metallplatten durch den Kupferdraht miteinander verbunden sind, eine geschlossene. Dieser verbindende Kupferdraht heißt dann der Schließungsbogen, (welche Bezeichnung übrigens auch für jede beliebig lange und aus beliebigem leitenden Material bestehende Verbindung dieser freien Enden der Metallplatten gilt).

Die Ursache der Elektricitätserregung an der Berührungsstelle zwischen Metallplatte und Flüssigkeit heißt elektromotorische Kraft, die eingetauchten Metallplatten werden Elektromotoren oder Stromgeber, die Flüssigkeit Erregungsflüssigkeit oder auch flüssiger Zwischenleiter genannt.

Die Richtung des Stromes ist doppelt, d. h. es strömt einerseits positive Elektricität von der Kupferplatte durch den Schließungsbogen zum Zink und durch die Flüssigkeit zurück zur Kupferplatte und andererseits negative Elektricität von der Zinkplatte durch den Schließungsbogen zur Kupferplatte und durch die Flüssigkeit zur Zinkplatte zurück. Allein man bezeichnet die Richtung des Stromes allgemein nur nach der Richtung des positiven Stromes und sagt demnach: Der galvanische Strom kreist im Schließungsbogen vom Kupfer zum Zink und in der Kette vom Zink zum Kupfer.

Die Enden der Metallplatten, und zwar sowohl die in die Flüssigkeit eingetauchten, als auch die aus der Flüssigkeit hervorragenden, nennt man Pole und unterscheidet an jedem Metalle einen positiven und einen negativen Pol. Der positive Pol ist immer dort, wo der Strom in die Flüssigkeit oder in den Schließungsbogen aus der betreffenden Metallplatte eintritt (also beim Kupfer das aus der Flüssigkeit hervorragende, beim Zink das in die Flüssigkeit eingetauchte Ende); der negative Pol ist hingegen dasjenige Ende der Metallplatten, an welchem der Strom aus dem Schließungsbogen oder aus der Flüssigkeit (in die Metallplatte) austritt (somit beim Zink das aus der Flüssigkeit hervorragende und beim Kupfer das in die Flüssigkeit eingetauchte Ende). Die Eintrittsstelle des Stromes in den Schließungsbogen oder die Flüssigkeit (positiver Pol) heißt Anode; die Austrittsstelle des Stromes aus dem Schließungsbogen oder der Flüssigkeit heißt Kathode (negativer Pol).

Der galvanische Strom circulirt indes nur so lange, als das Element thätig, also geschlossen ist, in einer (unthätigen) offenen Kette,

fließt kein Strom, wohl haben aber die aus der Flüssigkeit hervorragenden Enden der Metallplatten elektrische Spannungen, die am Elektroskope nachgewiesen, am Elektrometer gemessen werden können.

Die gesammte Nomenclatur der verschiedenen Beziehungen des galvanischen Stromes ist der Symmer'schen Hypothese über das Wesen der Elektricität (der zufolge zwei unwägbare Fluida angenommen werden) angepasst. Auch lassen sich einzelne Erscheinungen und Wirkungen der strömenden Elektricität recht gut mit strömendem Wasser vergleichen. So z. B. vergleicht man die Elektricitätsmenge mit einer strömenden Wassermenge; gerade so wie das Wasser auf seiner Bahn das einemal leichter abfließt, das anderemal bei diesem Fließen auf Hindernisse stößt und Widerstände zu überwinden hat, unterscheidet man auch bei der Elektricität gute und schlechte Elektricitätsleiter und nennt auch hier den reciproken Werth der Leitungsfähigkeit eines Körpers Widerstand. Gerade so wie das Wasser das einemal ruhig fließt, das anderemal ein hohes Gefälle hat, und in letzterem Falle, selbst bei geringerer Menge eine größere Kraft äußern kann, unterscheiden wir auch bei der Elektricität analoge Verhältnisse (Quantität und Intensität) und sprechen auch hier vom elektrischen Gefälle, welches wesentlich von dem Unterschiede der Spannung an beiden Polen abhängt. Wie die zur Wirkung gelangende Kraft des mit einer bestimmten Geschwindigkeit strömenden Wassers durch den Querschnitt der strömenden Wassermenge bestimmt ist, so nennen wir auch die durch den Querschnitt des Leiters strömende Elektricitätsmenge die Stromstärke (oder Stromesintensität), und die Einheit derselben, d. h. die in der Zeiteinheit durch die Querschnittseinheit strömende Elektricitätsmenge die Stromdichte. Das Verhältnis dieser einzelnen Beziehungen der strömenden Elektricität wird durch Besprechung einiger einschlägiger Gesetze völlig klar gelegt werden. Diese Ausdrucksweisen haben sich in der Elektricitätslehre eingebürgert und werden zur Bezeichnung der bezüglichen Begriffe verwendet, trotzdem dass die ihnen zu Grunde liegende Symmer'sche Hypothese nicht mehr dem heutigen Stande der Wissenschaft entspricht. Da es sich indes für den vorliegenden Zweck zunächst nur um einige Thatsachen und weniger um Theorien handelt, habe ich auch die Begriffe Potential und Potentialdifferenz (letztere nahezu identisch mit dem Ausdrucke elektromotorische Kraft) nicht eingeführt, da sie einerseits weitläufige theoretische Erörterungen erheischen würden, andererseits aber bei Anwendung der niederen Mathematik sich doch nicht vollkommen beherrschen lassen.

Volta's Fundamentalversuch. — Spannungsreihe. — Contact-Theorie.

Historisches. [1]) — Gerade so wie die Hauptsätze der Lehre von der Reibungselektricität durch das emsige Zusammenarbeiten und bewusste Forschen Vieler in einer langen Reihe von Jahren nur allmählich aufgedeckt wurden, ebenso sind die vorerwähnten Grundsätze bezüglich des galvanischen

[1]) Hoppe, Geschichte der Elektricität 1884, pag. 118 ff.

Stromes das Resultat langjähriger, eifriger Forschungen vieler genialer Männer und nicht etwa eine unvermittelte zufällige Entdeckung, als die sie leider selbst in manchen Lehrbüchern noch hingestellt wird.

Galvani Luigi Aloysi (1737—1798), dessen Namen diese Elektricitätsart führt, war Professor der Anatomie zu Bologna und beschäftigte sich eifrig mit Untersuchungen über die thierische Elektricität. In seiner Abhandlung über die Kräfte der thierischen Elektricität [1]) erzählt Galvani (pag. 3), dass er einen Frosch zerschnitt, so dass die Hinterschenkel mit einem Theile des Rückgrates im Zusammenhang blieben, von denselben die Haut entfernte und die Cruralnerven bloßlegte. Als einer seiner Hörer zufällig mit der Spitze des Scalpells den bloßgelegten Nerven berührte, geriethen sämmtliche Muskeln in heftige Zuckungen. Ein anderer Zuhörer glaubte, dies geschehe nur, wenn vom Conductor einer auf demselben Tische, auf den der präparirte Frosch lag, befindlichen Elektrisirmaschine Funken gezogen wurden. Galvani, hierauf aufmerksam gemacht, suchte die Bedingungen dieser Zuckungen zu studiren und fand, dass zum Zustandekommen des Experimentes nothwendig sei, dass die Nerven mit einem Metalle berührt werden, und in der Nähe eine Entladung der Elektricität durch den Funken stattfinde. Das Experiment gelang auch bei Gewitter, und zwar geriethen die Muskeln schon vor jedem Blitze in Zuckungen. Aus diesem Grunde wandte Galvani solche Froschpräparate zur Untersuchung der atmosphärischen Elektricität an und beobachtete mitunter selbst bei klarem Himmel Zuckungen derselben; ja diese traten sogar im Zimmer auf, wenn die Froschpräparate auf einem Metallteller lagen, so oft der mit den Nerven derselben im Zusammenhang stehende Metalldraht die Metallunterlage berührte. Durch methodische Untersuchung dieser Erscheinungen kam Galvani darauf, dass selbst der auf einem isolirenden Glasteller liegende Frosch auch immer zucke, so oft mit einem Metallbogen der Cruralnerv einerseits und die Muskeln andererseits berührt werden.

Dies führte Galvani darauf, den Metallbogen nur als Leiter aufzufassen und die Quelle der Elektricität in die Nerven und Muskeln zu verlegen. Der Frosch erschien ihm wie eine geladene Kleist'sche Flasche, wo Muskeln und Nerven entgegengesetzt geladen und durch die umgebenden Gewebe von einander isolirt sind. Durch den metallischen Schließungsbogen finde eine Entladung statt, wie bei der Kleist'schen Flasche, und infolge hievon die Zuckung als nächste physiologische Wirkung derselben. Diese Anschauung führte Galvani in seinen weiteren Schlussfolgerungen zu sehr gewagten und weitgehenden Hypothesen über die Function der Nerven und das Zustandekommen der Lebenserscheinungen, die er alle auf Elektricität zurückführte. Unter den zahlreichen Forschern jener Zeit beschäftigten sich A. v. Humboldt, Gren, Reil und u. A. auch Volta mit galvanischen Versuchen — alle im Banne der thierischen Elektricität.

Bei diesen Experimenten fand Volta, dass, wenn er zwei differente Metallstäbe an einem Ende mit einander vereinigte und die freien Enden an die Zunge brachte, an den Berührungspunkten Geschmacksempfindungen auftraten, und zwar verschiedene an den beiden Berührungsstellen, nämlich an der einen sauer und an der anderen alkalisch scharf, fast bitter und dass hiebei manchmal auch Zuckungen auftraten. Diesen ersten, schon ganz richtig gedeuteten, aber noch ganz im Sinne Galvani's ausgeführten Unter-

[1]) Deutsch von J. Mayer. Prag 1793.

suchungen, die Volta in einer Abhandlung[1]) publicirte, folgten rasch nach einander andere Experimente, die Volta auf eine neue Bahn brachten, auf der er mit seinen Ansichten über thierische Elektricität brach, mit Galvani und seinem Anhange in Gegensatz gerieth und den Satz aussprach, dass nur die Berührung zweier differenter Metalle die Quelle der die Zuckung hervorrufenden Elektricität sei, welchen Ausspruch er durch eine Reihe von Versuchen bewies. Unter diesen ist der folgende grundlegende, sogenannte Volta'sche Fundamentalversuch, der auch heutzutage jedesmal bei Behandlung der Lehre vom Galvanismus als einleitendes Experiment ausgeführt wird, erwähnenswert.

Versieht man eine blanke Kupfer- und eine blanke Zinkscheibe an einer ihrer Flächen mit isolirenden gläsernen Handhaben, berührt beide Platten und hebt sie parallel zu einander ab, prüft sodann jede Platte an einem mit einem Condensator armirten, sehr empfindlichen Elektroskop, so erweist sich die Zinkplatte als positiv, die Kupferplatte als negativ elektrisch, wenn man auch mit peinlichster Sorgfalt jede Reibung, sowie jeden Druck bei Berührung der Platten vermeidet.

Volta erklärte als Ursache dieser elektromotorischen, d. h. die natürlichen Elektricitäten der beiden Metallplatten in der angegebenen Weise scheidenden Kraft die Berührung heterogener Metalle (woher in der Folge diese Elektricitätsart auch den Namen Berührungs- oder Contactelektricität erhielt). In pietätvoller Würdigung der Verdienste Galvani's, der durch seine Experimente zur Entdeckung dieser Elektricitätserregungsart führte, nannte Volta selbst (1796) diese Elektricitätsart (die anfangs als etwas Verschiedenes von der Reibungselektricität angesehen wurde) Galvanismus, obgleich sein eigenes Verdienst hiebei größer war, als das Galvani's.

Alessandro Volta war 1754 zu Como in Italien geboren, wurde 1774 Professor der Physik am Gymnasium seiner Vaterstadt und kam 1779 in gleicher Eigenschaft an die Universität zu Pavia, in welcher Stellung er bis 1804 verblieb. 1815 wurde er von Kaiser Franz zum Director der philosophischen Facultät zu Padua ernannt und von Napoleon in Anerkennung seiner wissenschaftlichen Thätigkeit in den Grafenstand erhoben. Er starb hochgeachtet und hochgeschätzt 1827.

In weiterer Verfolgung der gewonnenen Thatsachen prüfte Volta die berührten Metallplatten nicht nur am Elektroskope, sondern er bestimmte auch mit Hilfe des Elektrometers die Größe der abstoßenden Wirkung jeder derselben.

Hiebei fand er, dass eine und dieselbe Metallplatte das einemal positiv, das anderemal negativ elektrisch wurde, je nachdem er sie mit Platten aus differenten Metallen in Berührung brachte und dass auch der am Elektrometer gemessene Effect bei den verschiedenen Combinationen ein verschiedener war. Hienach ordnete er die untersuchten Metalle in folgende Reihe: Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Graphit, Kohle, Braunstein. In dieser Reihe wird jedes vorhergehende Metall bei der Berührung mit dem nachfolgenden positiv (das nachfolgende dagegen negativ) elektrisch. Auch ist die Spannungsdifferenz jeder Combination verschieden. Volta nahm die Spannungsdifferenz

[1]) Schriften über thierische Elektricität von D. Al. Volta, aus dem Italienischen übersetzt von J. Mayer. Prag 1793.

zwischen Blei und Zinn als Einheit an, und bestimmte mit Hilfe des Elektrometers die Spannungen zwischen:

Zink	und	Blei	mit	5	Einheiten,
Blei	„	Zinn	„	1	Einheit,
Zinn	„	Eisen	„	3	Einheiten,
Eisen	„	Kupfer	„	2	Einheiten,
Kupfer	„	Silber	„	1	Einheit.

Sodann die Spannung zwischen

Zink	und	Silber	mit	12	Einheiten,
Zinn	„	Kupfer	„	5	„
Zink	„	Eisen	„	9	„

Die aus diesen richtig durchgeführten Experimenten abgeleiteten beiden Gesetze lauten: 1. in der Spannungsreihe wird jedes vorhergehende Glied bei Berührung mit einem nachfolgenden positiv, das letztere dagegen negativ elektrisch, und 2. die Spannungsdifferenz (elektromotorische Kraft) zweier Glieder der Spannungsreihe ist gleich der Summe der Spannungsdifferenzen aller Zwischenglieder.

Somit wächst die Spannungsdifferenz, je weiter die Glieder in der Spannungsreihe von einander stehen. Volta untersuchte auch die bei Berührung von Metallen und Flüssigkeiten auftretenden elektrischen Spannungen und fand, dass die Flüssigkeiten sich dem Spannungsgesetze nicht fügen, da die meisten Metalle in Berührung mit denselben negativ, letztere dagegen positiv elektrisch werden. Daher nannte er auch die Metalle und jene Körper, die sich der Spannungsreihe fügen, Leiter 1. Classe und die Flüssigkeiten Leiter 2. Classe.

Durch fortgesetzte Versuche fand Volta, dass die Spannungsdifferenz bei Berührung von Metallen und Flüssigkeiten zumeist größer sei, als bei Berührung von Metallen allein, und dass die hiebei auftretende Elektricität sich fortleiten lasse. Ein einschlägiger beweisender Versuch war der folgende: Bildeten vier Menschen in der Art eine Kette, dass der erste mit einer Hand den Augapfel des zweiten, dieser mit einer Hand die Zunge des dritten, dieser mit einer Hand das eine Ende eines Froschpräparates (beispielsweise die bloßgelegten Muskeln) und der vierte mit einer Hand das andere Ende dieses Froschpräparates (den bloßgelegten Nerven) berührten, und nahmen der erste und vierte überdies noch in die freien angefeuchteten Hände je ein differentes Metallstück, so erfolgte bei Berührung dieser Metallstücke im Auge des zweiten eine Lichtempfindung, der dritte nahm eine Geschmacksempfindung wahr und das Froschpräparat zuckte; berührten aber eins und vier die Hände ohne die Metalle, so trat keine der genannten Erscheinungen auf. Ein anderer ebenfalls von Volta schon ausgeführter Versuch, der heutzutage auch immer der Behandlung der Lehre vom Galvanismus vorausgeschickt zu werden pflegt, ist der folgende zweite Fundamentalversuch. Schraubt man auf ein sehr empfindliches Elektroskop eine blanke Zinkplatte, legt auf dieselbe eine etwas größere Glasplatte, gießt auf letztere eine geringe Menge verdünnter Schwefelsäure und berührt mit einem Bogen aus Zinkblech, den man an isolirenden Handhaben anfasst, zu gleicher Zeit die untere Fläche der Zinkplatte und die Flüssigkeit, entfernt sodann zunächst den Bogen und dann die Glasplatte mit der Flüssigkeit, so zeigt das Elektroskop negative Elektricität an; das Zink ist in Berührung mit verdünnter Schwefelsäure negativ elektrisch geworden. Wiederholt man diesen Versuch an einem Elektrometer, so kommt man zu dem Schlusse, dass die Anzeige

dieses Instrumentes unabhängig ist von der Größe der sich berührenden Flächen und nur von der materiellen Beschaffenheit der sich berührenden Körper abhängt.

Aus diesen und ähnlichen Experimenten deducirte Volta, dass zum Zustandekommen eines galvanischen Stromes zwei differente Metalle und ein flüssiger Zwischenleiter nöthig seien. Diese Versuche führten ihn endlich zur Construction seiner Säule, die er in einem Briefe an Sir Joseph Banks, dem damaligen Präsidenten der Roy. Soc. in London, am 20. März 1800 zuerst beschrieb.

Löthet man je eine Zink- und eine Kupferscheibe aufeinander und schichtet eine Reihe solcher Doppelscheiben derart übereinander, dass zwischen jedes Plattenpaar je eine in verdünnte Schwefelsäure getauchte Tuch- oder Filzscheibe gebracht wird, und sieht darauf, dass immer entweder die Kupfer- oder die Zinkscheiben nach unten zu liegen kommen, so dass das Kupfer beispielsweise die untere und das Zink die obere Fläche dieser so aufgebauten Säule begrenzt, so kann man zwischen zwei von der obersten und untersten Metallplatte ausgehenden Drähten bei gehöriger Anzahl der Plattenpaare und entsprechender Annäherung der Drähte ein Funkenüberspringen sehen und mit Hilfe dieser Vorrichtung alle Experimente, die bei Besprechung des galvanischen Elementes vorhin erwähnt wurden, ausführen; ja man wird bei Anwendung dieser Säule noch weit größere Wirkungen erhalten als jenes Zink-Kupfer-Schwefelsäure-Element hervorbrachte. Diese Säule heißt die Volta'sche Säule und war die Elektricitätsquelle, mit welcher die ersten galvanischen Versuche ausgeführt wurden; sie stand auch bei den Ärzten vielfach in Verwendung.

Weil aber diese Säule bald unwirksam wird, woran zum Theile das Auspressen der Flüssigkeit aus den feuchten Scheiben schuld trägt, construirte Volta noch im Jahre 1800 seinen sogenannten Becherapparat: Eine Anzahl Glas- oder Porzellanbecher wird nebeneinander gestellt und mit Wasser oder Kochsalzlösung gefüllt; in jeden Becher tauchen zwei Metallstreifen, beispielsweise Zink und Kupfer, die über den Becher hervorragen und an ihrem äußeren Ende umgebogen sind, um den Kupferstreifen des ersten mit dem Zinkstreifen des zweiten Bechers u. s. f. in metallische Berührung bringen zu können. Das freie Ende des ersten Zinkstreifens erweist sich sodann negativ und das freie Ende des letzten Kupferstreifens positiv elektrisch. Die Wirkungen dieses Becherapparates sind identisch mit den Wirkungen der Säule. Volta verglich diese beiden Apparate mit dem elektrischen Organ des Zitterrochens und nannte sie „Organ électrique artificiel“. Heutzutage nennen wir ein einzelnes Glied dieses Becherapparates, nämlich einen Becher mit seiner Flüssigkeit und den zwei in dieselbe tauchenden Metallplatten, ein galvanisches Element oder eine elektrische Kette, dagegen eine Verbindung mehrerer in der Weise, wie sie hier besprochen war, eine galvanische Säule oder Batterie.

Was die Ursache der in einer galvanischen Kette oder Säule auftretenden elektromotorischen Kraft anbelangt, stellte Volta die Hypothese auf, dass lediglich der Contact materiell differenter Körper diese elektromotorische Kraft erzeuge; dabei komme es nicht auf die Größe der sich berührenden Flächen, sondern auf die Verschiedenheit der in Contact gebrachten Stoffe, zumal was ihre chemische Zusammensetzung, ihren Aggregationszustand, ihre Härte, Oberflächenbeschaffenheit, Erwärmung etc. be-

trifft, an. Dieser Anschauung schlossen sich die Anhänger der sogenannten Contacttheorie, die bis in die neueste Zeit Vertreter fand, an. Das Entstehen des galvanischen Stromes erklärte man auf Grund übrigens ganz richtig durchgeführter Experimente ebenfalls im Sinne der Contacttheorie.

Genaue Messungen der Spannungsdifferenzen (elektromotorischen Kräfte), die Péclet im Jahre 1841 [1]) bei Berührung von Zink, Blei, Eisen, Kupfer, Platin mit verdünnter Schwefelsäure, verdünnter Salpetersäure, Kalilauge und Schwefelkalium ausführte, ergaben folgende Tabelle:

Metalle	verdünnte Schwefelsäure	verdünnte Salpetersäure	Kalilauge	Schwefelkalium
Zink	— 27	— 26	— 30	— 30
Blei	— 14	— 13	— 24	— 17
Eisen	— 13	— 8	— 19	— 17
Kupfer	— 2	0	— 11	— 22
Platin	+ 6	+ 4	— 5	— 17

Taucht man nun zu gleicher Zeit eine Kupfer- und eine Zinkplatte in verdünnte Schwefelsäure, so erhält letztere bei Berührung mit Zink eine positive Spannung von 27, das Zink hingegen eine negative Spannung von ebenfalls 27; das Kupfer erhält in derselben Weise eine negative Spannung von 2 und die Flüssigkeit ebenfalls eine positive von 2; nun übergeht die positive Spannung von 27, die die Flüssigkeit durch Berührung mit dem Zink erhielt, auf das Kupfer und die positive Spannung von 2, die die Flüssigkeit in Berührung mit dem Kupfer erhielt, auf das Zink und erzeugt daselbst die sich ergebende Spannungsdifferenz von — 25 am freien Zinkende und von + 25 am freien Kupferende. Verbindet man diese freien Enden durch einen Schließungsbogen, so gleichen sich in demselben die entgegengesetzten Spannungen aus und das ganze System wird unelektrisch, wodurch neuerdings infolge des Contactes, wie vorher, dieselben Spannungsverhältnisse auftreten, was ein continuirliches Strömen von Elektricität durch den Schließungsbogen bedingt, continuirlich, weil seine Quelle, die Berührung der Metalle mit der Flüssigkeit, ununterbrochen fortdauert.

Chemische Theorie. — Elektrolyse.

Ganz abgesehen davon, dass die Contacttheorie manche Thatsachen unerklärt lässt, widerspricht sie schon a priori dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft, demzufolge eine Energie unmöglich aus nichts erzeugt werden kann, und dies wäre die Ableitung des galvanischen Stromes, der eine verhältnismäßig starke Energie repräsentirt, aus dem bloßen Contacte, wobei keine Arbeit stattfindet. Aus diesem Grunde, und weil die erste Wirkung des galvanischen Stromes eine chemische Thätigkeit im Elemente selbst ist, wurde diese direct als die Quelle der elektromotorischen Kraft angenommen.

[1]) Paul Reis, Lehrbuch der Physik. 4. Aufl., 1878. pag. 573.

Chemische Zersetzungen infolge des galvanischen Stromes wurden schon im Jahre 1795 von Dr. Asch in Oxford beobachtet (Wasserzersetzung zwischen Zink- und Silberplatten); desgleichen beobachteten auch der Florentiner Fabbroni und der deutsche Arzt Crêve ein Jahr später, dass, als sie zwei verschiedene, sich berührende Metalle in das Wasser tauchten, eine Zersetzung desselben eintrat und der Sauerstoff sich mit Zink zu Zinkoxyd verband, der Wasserstoff sich in Blasenform am anderen Metalle niederschlug.

Fabbroni sprach infolge dieser Wahrnehmung zuerst den Satz aus, dass die Elektricität nicht die Ursache der Zersetzung, sondern vielmehr die Folge derselben sei.[1])

Diese (schon 1796 ausgesprochene) Theorie fand weitere Stütze an Wollaston, Davy, De la Rive, Faraday, Gmelin, Schönbein, Karsten, Becquerel, Wiedemann, Clausius, J. Brown, Magnus, Hittorf, Franz Exner etc., und hat dadurch, dass sie einerseits alle galvanoelektrischen Erscheinungen zu erklären gestattet, und dass andererseits alle einschlägigen Versuche sich mathematisch begründen lassen, den höchsten Grad der Wahrscheinlichkeit für sich.

Auf der chemischen Theorie gestützt, hat z. B. Franz Exner den Volta'schen Fundamentalversuch als eine Influenzwirkung erklärt. Die Metallplatten bedecken sich an der Luft schon in allerkürzester Zeit mit einer Oxydschichte. Hiebei wird das Metall negativ, die Oxydschichte positiv elektrisch. Diese hindert einen weiteren Eingriff der Luft auf das Metall, somit weitere Oxydirung und weitere Vertheilung. Da aber nicht alle Metalle im gleichen Maße oxydirbar sind, ist auch die Spannungsdifferenz bei denselben verschieden, und zwar am größten bei den am leichtesten oxydirbaren, die daher auch schon den von Volta ganz richtig durchgeführten Experimenten zufolge am Anfange der Spannungsreihe zu stehen kommen. Werden zwei solche Metallplatten aufeinander gestellt, so wirken sie wie Condensatorplatten, denen früher Elektricität zugeführt wurde, und wird hiebei infolge der Influenz gerade so viel Elektricität frei, als der halben Oxydationswärme des Metalles entspricht. Auf diese Weise lassen sich die Spannungsdifferenzen der verschiedenen Metalle nach ihrer Oxydationswärme schon im vorhinein berechnen und stimmen die so gewonnenen Resultate vollkommen mit den Experimenten.

Auch die Ergebnisse der Messungen Péclet's zeigen, dass bei Berührung von Metallen und Flüssigkeiten gerade die an der Spitze der Spannungsreihe stehenden am stärksten negativ elektrisch werden; es sind dies aber zugleich diejenigen Metalle, die bei der Berührung mit Flüssigkeiten auch am stärksten angegriffen werden; hingegen werden die edlen Metalle, die in der Spannungsreihe von den Anfangsgliedern am weitesten abstehen, auch am schwächsten negativ, manche sogar positiv elektrisch.

Die bei Berührung differenter Metalle infolge der Oxydschichte oder der, durch Wirkung von Wasser- und Gashäuten an der Oberfläche derselben hervorgerufenen chemischen Veränderungen, erzeugten elektrischen Spannungen sind sehr gering und lassen sich höchstens condensatorisch nachweisen. Zur Erklärung des Entstehens des galvanischen Stromes sind diese Spannungen jedenfalls nicht ausreichend. Hingegen dürften sie wohl den ersten Anstoß

[1]) Hoppe, Geschichte der Elektricität, pag. 137.

zu weiteren chemischen Actionen geben (Schönbein) und diese wieder neuerdings elektromotorische Kräfte frei machen.

Exner [1]) erklärt die Entstehung eines galvanischen Stromes beiläufig in folgender Weise: Taucht man eine Zinkplatte in verdünnte Schwefelsäure, so wird dieselbe unter Wärmeentwicklung aufgelöst; untersucht man den Vorgang genauer, so findet man, dass hiebei zunächst eine im Verhältnisse zur chemischen Action proportionale elektrische Vertheilung auftritt, wobei das Zink negativ und die Schwefelsäure positiv elektrisch wird. Da jedoch die chemische Thätigkeit nach der ersten Vertheilung nicht sistirt und die Capacitäten des Zinkes und der Flüssigkeit beschränkt sind, erreichen die entgegengesetzten Spannungen bald ein Maximum, neutralisiren sich gegenseitig, wodurch Wärme erzeugt wird. So ist zunächst die chemische Thätigkeit die Quelle der Elektricität und diese wieder die Quelle der auftretenden Wärme. Leitet man jedoch die positive Elektricität der Flüssigkeit und die negative des Zinkes zur Erde ab, so findet infolge der chemischen Thätigkeit fort und fort Elektricitätsentwicklung statt; verbindet man die Zinkplatte mit dem Ableitungsdrahte der Flüssigkeit, so neutralisiren sich die entgegengesetzten Elektricitäten jetzt in diesem Schließungsbogen. Untersucht man calorimetrisch die in einem geschlossenen Elemente entwickelte Wärme, so erweist sie sich constant; bei kurzem Schließungsbogen finden wir das Element selbst (die Erregungsflüssigkeit) erwärmt, bei sehr langem Schließungsbogen oder bei großem Widerstande im Schließungsbogen kann dieser unter Umständen bis zum Glühen erwärmt werden; aber immer findet diese Wärmevertheilung so statt, dass die Summe der Wärme im Elemente und der Wärme im Schließungsbogen constant bleibt.

Die elektromotorische Kraft eines Elementes ist der chemischen Action, beziehungsweise der Verbrennungs- (d. h. Oxydations-) Wärme im Elemente, zumeist nahezu proportional. Dies erhellt u. A. aus der Übereinstimmung der Resultate der Berechnungen der Verbrennungswärme für einige Elementzusammenstellungen mit den experimentell bestimmten Werten für die elektromotorischen Kräfte derselben. (Bei manchen Elementen setzt sich nicht die ganze chemische Thätigkeit in Elektricität, sondern ein Theil derselben direct in Wärme um). Betrachten wir die verschiedensten Arten von galvanischen Elementen, so finden wir, dass bei allen das Zink einer der Elektromotoren ist, und zwar immer jener, dessen aus der Flüssigkeit hervorragendes Ende stets den negativen Pol bildet. Der zweite Elektromotor hat wesentlich nur die Rolle des Ableitungsdrahtes im obigen Experimente zu spielen; seine Aufgabe besteht hauptsächlich in der Fortleitung der positiven Elektricität, sein aus der Flüssigkeit hervorragendes Ende bildet den positiven Pol. Näheres hierüber bringen die folgenden Betrachtungen. Hier sei nur nochmals in Erinnerung gebracht, dass kein Element ohne Wärmeentwicklung oder ohne Zinkverbrauch einen elektrischen Strom liefert.

Die chemische Thätigkeit der Elektricität (außer dem Elemente) im Schließungsbogen, schon 1795 beobachtet, wurde erst von Faraday 1833 genau studirt.

Diesem Forscher verdanken wir auch zugleich die diesbezügliche Nomenclatur. Faraday nennt nämlich die durch Elektricität hervor-

---

[1]) Dr. Franz Exner, Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Ursache der Elektricitätsentwicklung beim Contacte heterogener Körper. Rep. der Physik, Jännerheft 1883.

gerufene chemische Zersetzung Elektrolyse, den zu zersetzenden Körper Elektrolyt und die Zersetzungsproducte Jonen. Die in die zu zersetzende Flüssigkeit eintauchenden Metallstücke (Drähte oder Platten), welche die Elektricität zuleiten, heißen Elektroden, und zwar die den positiven Pol darstellende Anode und die den negativen Pol bildende Kathode. Der an der Anode zur Ausscheidung kommende Bestandtheil des Elektrolyts heißt Anion und der an der Kathode sich ablagernde, beziehungsweise dort abgeschiedene, heißt Kation. Demnach ist das Anion elektronegativ und das Kation elektropositiv.

Aus zahlreichen Versuchen zieht Faraday den Schluss, dass erstlich die Menge des zersetzten Elektrolytes der Stromstärke direct proportional sei und dass zweitens die Zersetzungsproducte verschiedener Substanzen durch denselben Strom in derselben Zeit einander chemisch äquivalent seien. Bei der Wasserzersetzung fand Faraday, dass sich der Wasserstoff an der Kathode, der Sauerstoff an der Anode abschied; bei der Elektrolyse geschmolzenen Chlorbleies scheidet sich Blei an der Ka. und Chlor an der An. ab; desgleichen findet sich bei der Zersetzung von Zinnchlorür durch den galvanischen Strom das Zinn an der Ka. und das Chlor an der An. Es erweisen sich somit der Sauerstoff, das Chlor, weiters Brom, Jod, Fluor, die Säuren etc. als elektronegativ (daher sind sie alle Anione), hingegen Wasserstoff und alle Metalle als elektropositiv (weshalb sie als Katione auftreten).

Es finden aber nicht nur primäre Zersetzungen statt, sondern unter Umständen gehen die Jonen mit dem Elektrolyt oder den Elektroden Verbindungen ein, wodurch dann secundäre Zersetzungen als weitere Folgen der durch die Elektricität angeregten chemischen Processe auftreten. Ist z. B. in verdünnter Schwefelsäure (als Elektrolyt) eine Zinkplatte die Anode, so verbindet sich der hier zur Ausscheidung gelangende Sauerstoff mit dem Zink zu Zinkoxyd, das von der verdünnten Schwefelsäure zu Zinkvitriol gelöst wird. Ist eine concentrirte Glaubersalzlösung der Elektrolyt und die Elektroden aus Platin, so scheidet sich die Schwefelsäure an der Anode und das Natrium an der Kathode ab. Da jedoch das Natrium in wässeriger Lösung nicht bestehen kann, so zersetzt es sofort zwei Wassermolecüle, vereinigt sich mit den Hydroxylen derselben und bildet zwei Molecüle Natriumhydroxyd, wodurch ein Molecül Wasserstoff frei wird.

Was die Theorie der Elektrolyse anbelangt, so gilt noch heutzutage mit ganz geringen Modificationen die schon im Jahre 1805 von dem deutsch-russischen Gutsbesitzer Freiherrn von Grothuss zuerst ausgesprochene und im Jahre 1820 in einer eigenen Monographie [1]) näher ausgeführte Ansicht. Dieser zufolge sind die Molecüle der Körper polarelektrisch, d. h. das eine Atom oder die eine Atomengruppe positiv, das andere Atom oder die zweite Atomengruppe negativ elektrisch. Im Wasser beispielsweise ist der Wasserstoff positiv, der Sauerstoff negativ elektrisch. Werden nun die Elektroden in das Wasser eingetaucht so wird von denselben zunächst auf die nach allen Richtungen gekehrten Pole der Wasser-

[1]) Physisch-chemische Forschungen, Nürnberg 1820.

molecüle eine richtende Kraft durch die ganze, zwischen den beiden Polen befindliche Flüssigkeitsschicht ausgeübt, so dass jetzt der Wasserstoff eines jeden Wassermolecüls als elektropositives Radical der Kathode und der Sauerstoff als elektronegatives Radical der Anode zugekehrt sind. Nun findet seitens der Anode eine Anziehung auf das Sauerstoffradical des ihr zunächst liegenden Wassermolecüls und ebenso seitens der Kathode eine Anziehung auf den Wasserstoff des ihr zunächst liegenden Wassermolecüls statt, wodurch beide Wassermolecüle in ihre Bestandtheile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden. Die freiwerdenden Elemente zerlegen die ihnen benachbarten Wassermolecüle, so dass beispielsweise der von der Anode abgestoßene Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff des nächsten Wassermolecüls, der hier freigewordene Wasserstoff wieder mit dem Sauerstoff des nächsten Wassermolecüls u. s. f. vereinigt, bis der letzte Wasserstoff sich mit dem von der Kathode abgestoßenen Sauerstoff verbindet. Da die beiden Gase (Wasserstoff an der Kathode und Sauerstoff an der Anode) entweichen, beziehungsweise mit den Elektroden weitere Verbindungen eingehen, üben die Elektroden auf die nun in umgekehrter Anordnung zwischen ihnen befindlichen Wassermolecüle vorerst wieder eine richtende Kraft aus, der dann abermals Anziehung und Zersetzung in der eben besprochenen Weise folgt. In Symbolen ausgedrückt, wäre demnach das Bild dieses Processes nach der ersten richtenden Einwirkung der Elektroden folgendes:

An $O\,H_2|O\,H_2|O\,H_2|O\,H_2$ **Ka** der zweiten Phase würde entsprechen:
An $O|H_2\,O|H_2\,O|H_2\,O\,H_2$ **Ka**, wo dann nach Entfernung oder Neutralisirung des an der Anode frei gewordenen Sauerstoffes und des an der Kathode freigewordenen Wasserstoffes wieder zunächst die erste und dann abermals die zweite der hier symbolisch angedeuteten Phasen folgen würde.

Eine Schwierigkeit dieser Theorie lag darin, dass zur Trennung der Atome im Molecül eine bestimmte Kraft erforderlich sei, dass somit erst bei einem Strome von bestimmter Intensität Elektrolyse eintreten könnte, schwache Ströme hingegen unvermögend sein würden, chemische Wirkungen herbeizuführen. Dieser Schwierigkeit begegnete (1857) Clausius, indem er die Atome der Flüssigkeiten als nicht fest verbunden annimmt, sondern nur aneinanderliegend und das ganze Molecül sich in Oscillation befindlich denkt, wodurch es möglich wird, dass selbst bei den schwächsten Strömen eine Zersetzung im Elektrolyte eintreten müsse, wodurch keine Richtkraft und auch keine Kraft zur Zerreißung der Molecüle nothwendig wird. Im übrigen findet allerdings die Zersetzung von Molecül zu Molecül in der von Grothuss angegebenen Weise zwischen den beiden Polen statt. Da die Theorie von Clausius sich an die Wärmetheorie eng anschließt, hat sie große Wahrscheinlichkeit für sich und widerspricht nicht der von Grothuss, Davy, Berzellius u. A. ausgesprochenen Annahme, dass die Atome an sich elektrisch und die Molecüle polar elektrisch seien.

Mitunter stimmen die Resultate der Experimente nicht genau mit den von Faraday aufgestellten elektrolytischen Grundgesetzen. So z. B. findet man bei der Wasserzersetzung mitunter 3, ja selbst $3^1/_2$ Raumtheile Wasserstoff auf 1 Raumtheil Sauerstoff, während genau 2 Raumtheile Wasserstoff einem Raumtheil Sauerstoff entsprechen sollten. Diese scheinbare Anomalie beruht darauf, dass der Sauerstoff unter dem Einflusse der Elektricität in Ozon verdichtet wird. Diese zuerst von Schönbein (1840) entdeckte und im Jahre 1860 von Tait und Andrews näher studirte allotropische Modification des Sauerstoffes entsteht durch einen Verdichtungsprocess, wonach

im Moleeül Ozon 3 Atome Sauerstoff (statt zweier im Moleeüle gewöhnlichen Sauerstoffes) vorhanden sind. Durch die Einwirkung der Elektricität vereinigen sich nämlich

$$\pm OO \pm OO \pm OO \text{ zu } + OOO \text{ Antozon und } - OOO \text{ Ozon.}$$

Hiedurch erscheint erstlich die Sauerstoffmenge um ein Drittel verringert (indem aus 3 Moleeülen 2 entstehen) und andererseits tritt bei der Ozonbildung immer an den Elektroden Wasserstoffsuperoxyd ($H_2 O_2$) auf, wodurch abermals das Sauerstoffvolum vermindert wird.

Außerdem fand schon Daniell, dass an den Elektroden nicht die ganze berechnete Menge der Jonen vorhanden ist, was Hittorf dahin erklärte, dass dieselben von der Ka. zur An. und umgekehrt wandern. Auf dieser Wanderung der Jonen haben Hittorf und Wiedemann eigene Theorien gegründet.

Da die Mengen der zersetzten Elektrolyte in der Zeiteinheit der Stromstärke proportional sind, so lag es nahe, eine bestimmte elektrolytische Leistung als Maß der Einheit der Stromstärke anzusprechen. So wurde beispielsweise jene Stromstärke als Einheit angenommen (chemische Einheit), welche in der Zeiteinheit (1 Minute) bei der Einheit des Widerstandes 1 cm^3 Knallgas liefert, oder 1 *mg* Silber oder 1 *mg* Kupfer niederschlägt.

Weil aber die Sauerstoffmenge dem vorher Erwähnten zufolge bei der Elektrolyse geringer befunden wird, als erwartet werden sollte, fängt man beide Gase getrennt auf, oder berücksichtigt nur den Wasserstoff (von dem bekanntlich $^2/_3$ cm^3 einem cm^3 Knallgas entsprechen).

Der hiezu benützte Apparat heißt Voltameter. Im wesentlichen besteht er aus einem weithalsigen Trichter, der auf einem entsprechenden Stative aufgestellt und dessen Rohransatz durch einen Korkstöpsel verschlossen ist, durch welchen zwei Platinbleche nach aufwärts ragen, die nach unten Polklemmen zur Aufnahme der von den Batteriepolen kommenden Verbindungsdrähte besitzen. In den Trichter wird verdünnte Schwefelsäure gegossen und entweder über beide Platinelektroden nur eine graduirte, oben geschlossene und ebenfalls mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Glasröhre oder, wenn die Gase getrennt aufgefangen werden sollen, über jede Platinelektrode je eine solche in die Flüssigkeit eingestellt.

Eine andere Ausführung dieses Apparates besteht darin, dass in ein U-förmiges Glasrohr (dessen ein Schenkel oben zugeschmolzen ist) entweder an der Grenze beider Schenkel zwei Platinbleche eingeschmolzen sind, oder aber an gut isolirten Drähten durch den offenen Schenkel bis über die Knickung in den unteren Theil des geschlossenen Schenkels eingeführt werden. Vom offenen Schenkel aus wird sodann der ganze Apparat mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und mit den nach außen hervorragenden Enden der Drähte, die an die Platinplättchen gelöthet sind, die Poldrähte der Batterie verbunden. Zur Elektrolyse des Wassers zieht man verdünnte Schwefelsäure dem reinen Wasser vor, weil die Zersetzung reinen Wassers nur sehr schwer und nur durch sehr starke Ströme durchgeführt werden kann. Die Zersetzung der Schwefelsäure geschieht sodann nach folgendem Schema:

$$\textbf{Ka} \; H_2 \, SO_4 | H_2 \, SO_4 | H_2 O \; \textbf{An}$$
$$\textbf{Ka} \; H_2 | SO_4 \; H_2 | SO_4 \; H_2 | O \; \textbf{An}$$

Alle Thatsachen sprechen dafür, dass die Flüssigkeiten, wenn sie nicht geschmolzene oder flüssige Metalle (Quecksilber) sind, die Elektricität überhaupt nur leiten, indem sie zersetzt werden. Eine Ausnahme hievon scheint eine concentrirte Zinkvitriollösung zu machen, aber dann müssen die Elektroden auch aus wohlamalgamirten Zinkstücken bestehen. Unzersetzbare Flüssigkeiten, wie z. B. Brom, sind deshalb absolute Nichtleiter der Elektricität und schwer zersetzbare, wie z. B. reines Wasser, schlechte Leiter derselben.

An dieser Stelle wäre noch in aller Kürze die *Schönbein'sche (chemische) Theorie* über die Elektricitätserregung beim Contacte zwischen Metallen und Flüssigkeiten zu erwähnen. Sie stellt eine Verschmelzung der extremen Contacttheorie (die absolut unhaltbar ist) und der extremen chemischen Theorie (die auch einige Thatsachen nicht vollauf klar zu stellen vermag, so z. B. das erste Auftreten eines galvanischen Stromes im Elemente, ehe noch eine chemische Action stattgefunden hat) dar, setzt die Polarität der Molecüle voraus und vindicirt auch dem zweiten Metalle, welches keine chemische Veränderung erfährt, direct eine Rolle bei der Elektricitätserregung. Nach dieser Theorie ist die erste Ursache der Elektricitätserregung *eine Tendenz zur chemischen Action*; wird z. B. eine Zink- und eine Platinplatte in verdünnte Salzsäure getaucht, so findet hiedurch eine Störung des chemischen Gleichgewichtes in der Flüssigkeit und zugleich auch eine Störung des elektrischen Gleichgewichtes in der Flüssigkeit und in beiden Metallen statt. Die Tendenz des Zinkes zur Verbindung mit dem Chlor hat zur Folge, dass das elektronegative Chloratom des anliegenden Salzsäuremolecüls sich der Zinkplatte zukehrt und in derselben die natürliche Elektricität zerlegt, die positive anzieht und die negative in das aus der Flüssigkeit hervorragende Ende abstößt; *so erscheint also das freie Zinkende durch Influenz negativ elektrisch.* Durch diese Anziehung zwischen Zink und Chlor findet eine derartige Lagerung der übrigen Molecüle statt, dass alle Chloratome dem Zink und die Wasserstoffatome dem Platin zugekehrt sind, was noch durch die Einwirkung des letzteren auf die Flüssigkeit unterstützt werden kann. Durch Influenz des elektropositiven Wasserstoffes wird das eingetauchte Ende der Platinplatte negativ, *das hervorragende Ende derselben positiv elektrisch.* Es treten somit an den freien Enden der in die Flüssigkeit eingetauchten Platten elektrische Spannungen auf, ehe noch eine chemische Action stattgefunden hat.

Durch diese elektrische Vertheilung in der Zinkplatte wird aber die chemische Affinität zwischen dem Zink und Chlor gesteigert, beide verbinden sich zu Zinkchlorid unter Neutralisation ihrer entgegengesetzt elektrischen Spannungen. Nun findet nach der *Grothuss'schen* Theorie zunächst durch die ganze Flüssigkeit von Molecül zu Molecül Zersetzung und Wiedervereinigung statt, indem das an der Zinkplatte freigewordene Wasserstoffatom sich mit dem Chloratom des anliegenden Salzsäuremolecüls u. s. f verbindet, bis an der Platinplatte ein Wasserstoffatom übrig bleibt, das von dieser angezogen wird, wodurch eine Ausgleichung der positiven Elektricität des Wasserstoffes mit der negativen Elektricität des eingetauchten Endes der Platinplatte erfolgt, wonach dieses Wasserstoffatom unelektrisch entweicht. Dieser Vorgang wiederholt sich nun und wird durch die fortgesetzte chemische Thätigkeit an der Zinkplatte immerfort negative, an der Platinplatte in gleicher Weise positive Elektricität angesammelt. Endlich erreicht die negative Elektricität am Zink eine solche Spannung, dass kein weiteres Chlor-

atom angezogen, sondern vielmehr abgestoßen wird, wodurch der weiteren chemischen Action und infolge dessen auch der weiteren Elektricitätsvertheilung ein Ziel gesetzt ist. Bieten wir aber den beiden Elektricitäten Gelegenheit, sich in einem Schließungsbogen zu vereinigen, so kann die sistirte Action von neuem beginnen und entspricht der continuirlichen chemischen Thätigkeit ein continuirliches Strömen von Elektricität durch den Schließungsbogen des nunmehr geschlossenen Elementes.

Da die im Schließungsbogen sich neutralisirenden entgegengesetzten Elektricitäten durch chemische Thätigkeit entstanden, müssen sie bei ihrer Wiedervereinigung ebenfalls eine Arbeit leisten, die als Stromarbeit bezeichnet werden kann. Eine derartige Leistung ist die bereits angedeutete Wärmeentwicklung und chemische Thätigkeit (Elektrolyse). Außerdem werden wir noch magnetische, elektrische, mechanische und physiologische Wirkungen des galvanischen Stromes kennen lernen.

Magnetische Wirkungen des galvanischen Stromes. — Ampère'sche Regel. — Elektromagnetismus.

Bestreut man den Schließungsbogen einer geschlossenen galvanischen Kette mit Eisenfeilspänen, so bleiben dieselben, wie erwähnt, wie an einem Magnete hängen. Führt man den gerade gestreckten Schließungsbogen einer galvanischen Kette über oder unter eine Magnetnadel parallel der Richtung ihrer Ruhelage (im magnetischen Meridiane), so wird, wie ebenfalls schon angedeutet, die Magnetnadel aus ihrer Ruhelage abgelenkt, und zwar strebt dieselbe sich senkrecht zu ihrer Ruhelage und zu dem sie ablenkenden Schließungsbogen (in den magnetischen Äquator) zu stellen. Die Richtung der Ablenkung kann man allzeit nach der sogenannten Ampère'schen Schwimmregel vorausbestimmen; diese lautet: „Man denke sich in den elektrischen Strom versetzt, so dass dessen Richtung von den Füßen zum Kopf gehe, und man habe das Gesicht der Nadel zugekehrt, so ist die Ablenkung stets durch die ausgestreckte Linke gegeben, für den Pol der Nadel, welcher nach Norden zeigt."

Die Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom entdeckte (1822) Örstedt (1777—1851), Professor der Physik zu Kopenhagen. Diese Entdeckung war übrigens nicht so unvermittelt und zufällig, wie dies in manchen einschlägigen Schriften dargestellt ist, sondern ist das Resultat zielbewussten Forschens und langjähriger Experimente. Nach Örstedts eigener Darstellung [1]) hatte er sich schon im Jahre 1806 eine Ansicht von dem galvanischen Strom als einer fortgesetzten Störung und Wiederherstellung des elektrischen Gleichgewichtes gebildet, die ihn auf die Vermuthung brachte, dass die in der Elektricität vorhandenen Kräfte als die allgemeinen Naturkräfte anzusehen seien. Diesen Anschauungen zufolge sprach er 1812 die Meinung aus, „dass die elektrischen Kräfte in einem von den

[1]) Hoppe, Geschichte der Elektricität, pag. 194.

Zuständen, wo sie sehr gebunden vorkommen, einige Wirkung auf den Magnet als Magnet hervorbringen könnten.“ Die Bestätigung dieser Vermuthung verschob Örstedt auf eine Zeit, wo er mit Muße die betreffenden Versuche anstellen könnte. Dies war im Jahre 1820, um welche Zeit er die bezüglichen Experimente wieder aufnahm, die auch wirklich seine Voraussetzung glänzend bestätigten. Am 21. Juni 1820 veröffentlichte Örstedt in dieser Richtung einen sechs Seiten fassenden Aufsatz in lateinischer Sprache unter dem Titel „Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam [1]) und nach Gewinnung neuer Gesichtspunkte einen weiteren Aufsatz in deutscher Sprache [2]), in welchem er sogar schon die Ablenkungsrichtung der Magnetnadel für verschiedene Stellungen derselben zum Drahte und zur Stromesrichtung angab. Da Örstedt diesen lateinischen Aufsatz allen Gelehrten seiner Zeit zugeschickt hatte, beschäftigten sich zahlreiche Forscher noch in demselben Jahre mit der Wiederholung der Experimente und mit der Auffindung neuer Gesetze in der angedeuteten Richtung. Unter Allen that sich M. André Ampère (1775—1836), Professor der Physik am Collège de France, in erster Richtung hervor, zumal durch seine am 2. October 1820 der Pariser Akademie vorgelegte Abhandlung. In dieser bespricht er die Grundgesetze der Reibungs- und galvanischen Elektricität, den galvanischen Strom, gibt an, dass im Schließungsbogen eigentlich zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung verlaufen, ein positiver und ein negativer, schlägt vor, die Richtung des positiven Stromes allein kurzweg als Stromesrichtung anzunehmen (was noch heute gilt), und fasst die Richtung der Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom für alle nur denkbaren Fälle in die oben angegebene Schwimmregel zusammen. Ampère schlägt zugleich vor, die Größe der Ablenkung zur Messung der Stromstärke zu benützen und nennt einen solchen Apparat, der dies ermöglicht, Galvanometer.

Die erste Nachricht von der magnetischen Eigenschaft des Schließungsbogens datirt übrigens schon aus dem Jahre 1801, in welchem von Arnim ein in einen Schließungskreis durch längere Zeit eingeschaltetes Stück Eisen magnetisch fand.

Verbindet man die Enden eines wohl isolirten, über eine dünnwandige Spule aus Holz oder Pappe gewundenen Kupferdrahtes mit den Polen einer Batterie und schiebt in die Höhlung der Spule einen soliden Cylinder aus weichem Eisen (Eisenkern), so wird dieser bei Schließung des Stromes polarmagnetisch erscheinen (Elektromagnet). Die Pole dieses Magnetes lassen sich nach der Ampère'schen Schwimmregel im vorhinein bestimmen.

Man stelle sich vor, eine in ihrer Ruhelage (im magnetischen Meridian) befindliche Declinationsnadel sei durch die ablenkende Wirkung des galvanischen Stromes in diese Lage gebracht, so müsste dieser Strom über der Nadel von Westen nach Osten oder unter der Nadel umgekehrt von Osten nach Westen verlaufen. Selbstverständlich wird ein einziger Draht, der in diesen beiden Richtungen um die Magnetnadel geführt wird (bei gleicher Richtung des Stromes, wie eben angedeutet), in seinen beiden Ästen ober und unter der Magnetnadel auf die letztere im gleichen Sinne ablen-

[1]) In Schweiggers Journal. XXIX ex 1820, pag. 275 ff.
[2]) Ibid. pag. 364.

kend wirken. Ja, es wird sich sogar die ablenkende Wirkung der oberen Hälfte des Drahtes mit der ablenkenden Wirkung seiner unteren Hälfte summiren. Führt man einen wohl isolirten Leitungsdraht in vielen Touren über und unter der Magnetnadel, so werden alle einzelnen Drahtlagen in gleichem Sinne ablenkend wirken, die ablenkende Wirkung eines schwachen Stromes also durch diese vielen Lagen gleichsam multiplicirt werden.

Man nennt auch ein Instrument, in dem um eine freie, bewegliche Declinationsnadel über und unter derselben senkrecht auf ihre Schwingungsebene, in der Richtung des magnetischen Meridians viele Lagen eines wohl isolirten Leitungsdrahtes geführt sind, der sodann in den Schließungsbogen einer galvanischen Kette oder Säule eingeschaltet wird und selbst bei geringer Stromstärke schon eine erhebliche Ablenkung der Magnetnadel gibt, einen Multiplicator. Ist ein derartiges Instrument direct zum Messen der Stromstärken eingerichtet, so heißt es Galvanometer.

Aus dem angegebenen Beispiele ergibt sich auch die Lage der Pole an einem Elektromagnete. Denken wir uns denselben mit seinem Nordpol nach oben und mit seinem Südpol nach unten (also in die Nord-Südrichtung, wie vorher die Magnetnadel gelagert) so müssen die Windungen von Westen über dem Eisenkerne nach Osten und unter denselben verlaufen, also in der Richtung, in der sich die Uhrzeiger bewegen, dann ist unten der Südpol und oben der Nordpol; von oben gesehen, verlaufen die Windungen (und somit die Richtung des Stromes) in entgegengesetzter Richtung, wie Fig. 4 zeigt.

Fig. 4.

Der Südpol liegt demnach bei einem Elektromagnete immer an jenem Ende, an welchem der Strom in der Richtung der Bewegung der Uhrzeiger um den Eisenkern kreist. Der Nordpol hingegen befindet sich an jenem Ende, an welchem der Strom die von der eben angeführten, entgegengesetzte Richtung hat.

Die Entdeckung des Elektromagnetismus verdanken wir Arago und Gay Lussac, die im Jahre 1820 die Örstedt'schen Versuche wiederholend, gefunden haben, dass der galvanische Strom nicht nur die Magnetnadel ablenke, sondern auch Eisenkörper magnetisire. Sie brachten zuerst in die Achse einer Drahtspule, durch welche der galvanische Strom geschlossen wurde, eine Stahlnadel und ließen den Strom eine zeitlang geschlossen; beim Herausnehmen fanden sie die Stahlnadel polarmagnetisch. Sie fassten nun den Schließungsdraht selbst als Magnet auf und entdeckten als Bestätigung dieser Vermuthung, dass der Schließungsbogen auch in der That, und zwar nicht nur, wenn er aus Eisen bestand, sondern selbst wenn ein Platin- oder Kupferdraht hiezu verwendet wurde, Eisenfeilspäne anzog. [1])

Seit Ampère wird das Galvanometer zur Messung der Stromstärke verwendet. Die hiezu dienenden Apparate sind verschieden; Die einfachste Einrichtung besitzt beispielsweise die 1837 von Pouillet construirte Tangentenboussole. Diese besteht aus einer kleinen

[1]) Hoppe, Geschichte der Elektricität, pag. 200.

Declinationsnadel, welche im Mittelpunkte eines verticalen Kupferringes von 3 *dm* Durchmesser aufgestellt ist. Dieser Kupferring ist unten durchschnitten und die voneinander isolirten Schnittenden mit Klemmschrauben für die Poldrähte der zu messenden Stromesquelle versehen. Der Ring, sowie die Magnetnadel stehen auf einem mit Stellschrauben versehenen Metalldreifuße. Ist das Stativ richtig aufgestellt, so dass die Magnetnadel leicht und frei schwingen kann und der Kupferring genau in den magnetischen Meridian gebracht, so ist die Stromstärke desto größer, je größer der Ablenkungswinkel der Magnetnadel ist; doch stehen Nadelablenkung und Stromstärke nicht im directen Verhältnisse, sondern ist vielmehr die Stromstärke der trigonometrischen Tangente des Ablenkungswinkels proportional.

Doch sind die Resultate nur dann brauchbar, wenn die Nadellänge höchstens den 5. Theil des Ringdurchmessers besitzt und die Ablenkungswinkel klein sind.

1854 construirte Wiedemann eine Tangentenboussole, die genauere Resultate gibt. Der bewegliche Magnet ist hier ein dicker magnetisirter, an einem Coconfaden aufgehängter Stahlspiegel, der innerhalb einer dicken Kupferhülse schwebt, über welche beiderseits Drahtspulen geschoben werden können.

Bei den Spiegelgalvanometern geschieht die Ablesung mittels Scala und Fernrohr und erfordert eine umständliche Aufstellung der Apparate.

Weitere Verbesserungen dieser Instrumente haben Helmholtz (1849) und Gaugain (1853) angegeben.

Ist der Stromkreis, der die Magnetnadel ablenkt, drehbar, und geht man mit demselben der abgelenkten Nadel so lange nach, bis Nadel und Strom in einer Ebene liegen, so ist die Stromstärke dem Sinus des Ablenkungswinkels proportional. (Sinusboussole.)

Auch die Multiplicatoren können zur approximativen Bestimmung der Stromstärke herangezogen werden, da auch bei ihnen für 10—20 Winkelgrade die Stromstärke der Tangente des Ablenkungswinkels proportional ist.

Galvanoskope nennt man einfache Magnetnadeln, die innerhalb rechteckiger Rahmen schwingen, über welche einige Lagen isolirter Kupferdrähte geführt sind; sie dienen zur Nachweisung eines Stromes, beziehungsweise einer Stromesunterbrechung.

Bei manchen der hier erwähnten Instrumente ist eine Einrichtung getroffen, welche die Einwirkung des Erdmagnetismus, der der ablenkenden Wirkung des galvanischen Stromes entgegengesetzt wirkt und die Magnetnadel in den magnetischen Meridian zurückzuführen bestrebt ist, ausschließen soll. Die verwendete Magnetnadel besteht nämlich aus einem sogenannten astatischen Nadelpaar. Hierunter versteht man zwei gleich große und gleich stark magnetisirte Magnetnadeln, welche einige Centimeter voneinander entfernt, mit entgegengesetzten Polen parallel und übereinander gestellt und durch eine verticale solide Achse fest und unverrückbar miteinander verbunden sind. Wird so ein Nadelpaar entsprechend suspendirt (gewöhnlich an einem Coconfaden), so wirkt die Richtkraft des Erdmagnetismus auf jede Seite dieses Nadelpaares mit gleicher Stärke anziehend und abstoßend (da der

Nordpol beispielsweise ebenso stark angezogen als der Südpol abgestoßen wird), so dass dieses Nadelpaar in jeder Stellung in Ruhe bleibt. Wird so ein astatisches Nadelpaar in einem Multiplicator verwendet, so kömmt die eine Nadel innerhalb der Spule und die andere oberhalb derselben. Die Drahtlagen solcher Spulen sind dann gewöhnlich über rechteckige Rahmen gewickelt; die Entfernung beider Nadeln hängt von der Dicke der Drahtlagen ab. Da die Drahtwindungen bei einer Nadel unter, bei der anderen über dieselbe geführt sind, so wirken sie nach der Ampère'schen Regel auf beide in gleicher Richtung ablenkend.

Um das lästige Schwingen der aus ihrer Ruhelage gebrachten Magnetnadel zu beseitigen, verwendet man sogenannte Dämpfungen. Eine solche Dämpfung kann beispielsweise aus einem, der Richtkraft des Erdmagnetismus entgegenwirkenden künstlichen Magnete bestehen. Gewöhnlich aber wird ein massiver Kupfercylinder hiezu gewählt, innerhalb dessen der meist hufeisen- oder glockenförmige Magnet schwingt. Das Princip dieser Dämpfung beruht auf der Magnetinduction und wird der Vollständigkeit halber schon hier kurz erwähnt: Wenn eine Magnetnadel von Metallmassen umgeben ist, inducirt sie bei ihrer Bewegung Ströme in denselben und diese wirken auf die Nadel zurück. Die Stärke dieser Ströme ist der Geschwindigkeit der Nadel proportional und sie halten wieder die Nadel mit einer Kraft auf, welche der Stromstärke beziehungsweise der Geschwindigkeit der Nadel proportional ist.[1])

Für ärztliche Zwecke sind nur empirisch geaichte Galvanometer brauchbar, von denen die Stromstärke direct in einem bestimmten, absoluten oder conventionellem Maße abgelesen werden kann, wo also der Ablenkungswinkel direct die Stromstärke anzeigt.

Polarisation. — Inconstante und constante Ketten.

Versehen wir die aus der verdünnten Schwefelsäure hervorragenden Enden der Zink- und Kupferplatte mit Klemmschrauben zur Befestigung von isolirten (d. h. mit Seide übersponnenen oder mit einem Überzug von Guttapercha oder Kautschuk versehenen) Kupferdrähten und führen diese Theile des Schließungsbogens, die gemeiniglich Poldrähte oder Leitungsdrähte genannt werden, zu einem Voltameter und von da zu einem Galvanometer, indem wir einen dieser Drähte mit dem einen Platinplättchen des Voltameters, den anderen mit dem einen Drahtende der Galvanometerspule leitend verbinden und durch einen kurzen Draht sodann das andere Ende der Galvanometerspule mit dem zweiten Platinplättchen des Voltameters vereinigen, so werden wir im Voltameter Wasserzersetzung, im Galvanometer eine bestimmte Ablenkung der Magnetnadel beobachten.

Nach einiger Zeit wird die Nadelablenkung geringer werden (also eine Verminderung der Stromstärke anzeigen) und auch die Wasser-

[1]) Zech, Elektrisches Formelbuch, X. Bd. von Hartleben's elektrotechnischer Bibliothek, pag. 20.

zersetzung langsamer vor sich gehen, bis schließlich die Galvanometernadel in ihre Ruhelage zurückkehrt und die Wasserzersetzung völlig sistirt. Die Ursache dieser Stromesschwächung und schließlichen Stromesunterbrechung kann entweder im Voltameter oder aber im Elemente selbst gelegen sein.

Untersuchen wir zunächst das Voltameter, indem wir die von der Kette ausgehenden Leitungsdrähte, welche die Verbindung der Kette mit dem Voltameter und Galvanometer vermitteln, entfernen und letztere direct miteinander verbinden; ist dies geschehen, so bemerken wir sofort einen Ausschlag der Magnetnadel, aber in entgegengesetzter Richtung als vorher bei Schließung der Kette; das Voltameter erweist sich somit ebenfalls als eine Stromesquelle, und zwar liefert es einen Strom, der in entgegengesetzter Richtung verläuft, als der vom Elemente gelieferte (den wir den Hauptstrom nennen wollen). Die vor der Wasserzersetzung völlig inactiven Platinplatten erweisen sich nach dem Beginne der Elektrolyse selbst als Elektromotoren. Sie erscheinen durch Influenz seitens der an ihnen abgeschiedenen Jonen polarisirt. Nach der Contacttheorie wurde die Berührung der Platinplatten mit den differenten Gasen (Wasserstoff und Sauerstoff) oder die Berührung dieser Gase mit der Flüssigkeit als Ursache dieses neu auftretenden Stromes, der Polarisationsstrom genannt wird, angesehen.

Lässt man das Voltameter einige Zeit geschlossen, so bemerkt man ebenfalls ein Zurückgehen der Nadel und die Platinplättchen erweisen sich (nach kurzer Zeit) wieder als völlig neutral — die Polarisation verschwindet also schon bald nach Öffnung des Hauptstromes.

Wäre das Voltameter, das diesem Versuche zufolge jedenfalls eine Schwächung des Hauptstromes bedingt, die alleinige Ursache der Stromesschwankung, so dürfte bei Ausschaltung desselben in der geschlossenen Kette keine weitere Abnahme der Stromstärke auftreten. Um dies zu untersuchen, verbinden wir die Enden der von der Zink- und Kupferplatte ausgehenden Leitungsdrähte mit den Klemmen am Galvanometer (die mit den Drahtenden der Galvanometerspule im Contact stehen). Allein auch jetzt zeigt das Zurückgehen der Nadelablenkung schon nach einiger Zeit eine Abnahme der Stromstärke an und nach weiterer Frist kehrt die Nadel abermals in ihre Ruhelage zurück, zum Zeichen, dass der Strom selbst bei Ausschluss des Voltameters vorerst geschwächt und zum Schlusse gänzlich unterbrochen wurde. Es müssen demzufolge auch im Elemente Ursachen der Stromesschwächung und endlichen Stromesunterbrechung, wofür ebenfalls die Bezeichnung Polarisation adoptirt wurde, vorhanden sein. Entfernen wir die Zinkplatte und bringen an ihrer statt eine Kupferplatte in die Flüssigkeit, die wir statt der Zinkplatte mit dem Galvanometer verbinden, so tritt sofort ein Ausschlag der Magnetnadel in entgegengesetzter Richtung auf, zum Beweise, dass ein dem Hauptstrome entgegengesetzter Polarisationsstrom auch im Elemente entsteht.

Betrachten wir die Vorgänge im Elemente, so wird es uns bald klar, dass hier dieselben Verhältnisse obwalten, wie vorhin im Voltameter. Auch im Elemente tritt Elektrolyse der Erregungsflüssigkeit auf, da ja Flüssigkeiten überhaupt nur dann leiten, wenn sie zersetzt werden. Die verdünnte Schwefelsäure wird nach folgendem Schema zersetzt:

Cu $|H_2 SO_4|H_2 O|$ Zn
Cu $H_2|SO_4 H_2|O$ Zn

Es scheidet sich somit Sauerstoff an der Zinkplatte und Wasserstoff an der Kupferplatte ab. Der Sauerstoff verbindet sich mit dem eingetauchten Zink zu Zinkoxyd, das sich zunächst mit der Schwefelsäure zu Zinksulfat vereinigt, welch letzteres vom Wasser der Erregungsflüssigkeit gelöst wird. Der Wasserstoff scheidet sich an der Kupferplatte nieder, hindert deren Contact mit der Erregungsflüssigkeit und verändert ihre elektromotorische Eigenschaft in der Weise, dass sie nunmehr dem elektropositiven Ende der Spannungsreihe entspricht und sich dem vorigen Experimente zufolge einer frisch eingetauchten Kupferplatte gegenüber so verhält, wie vorher die Zinkplatte. Es wird dies aus einer kurzen Betrachtung klar, zumal Wasserstoff überhaupt der elektropositivste Körper und zugleich die am stärksten basische, d. h. Sauerstoff neutralisirende Substanz ist. Wasserstoff erweist sich somit in seinen chemischen Eigenschaften als Metall (in Gasform analog wie Quecksilber ein tropfbar flüssiges Metall ist). Um dies experimentell festzustellen, verbinden wir ein Voltameter mit einem Galvanometer. Selbstverständlich wird kein Ausschlag der Magnetnadel stattfinden, so lange die neutralen Platinplättchen in das angesäuerte Wasser tauchen. Nun lassen wir zu einem der Platinplättchen Wasserstoff zuströmen und sofort zeigt das Galvanometer einen Strom an, wobei die vom Wasserstoff umgebene Platte die Stelle der Zinkplatte in unserem Kupfer-Zink-Elemente einnimmt. Nicht der Contact des Gases mit der Flüssigkeit oder dem Metall ist die Ursache dieses Polarisationsstromes, sondern das Streben des Wasserstoffes, bei seiner großen chemischen Affinität zu Sauerstoff oder Säureradicalen mit diesen sich zu verbinden, beziehungsweise die reducirende Einwirkung dieses Gases auf den flüssigen Zwischenleiter. In gleicher Weise erklärt auch F. Exner das Auftreten des Polarisationsstromes durch die Wiedervereinigung der Zersetzungsproducte.

Dass nicht bloß der Contact zwischen Metallen und Gasen die Quelle der elektromotorischen Kraft des Polarisationsstromes sein kann, bewies Exner durch folgendes Experiment: Er nahm zwei Glasgefäße, füllte beide zur Hälfte mit verdünnter Schwefelsäure, stellte in das eine eine Zinkplatte, in das andere eine Kupferplatte und verband die Flüssigkeiten beider Glasgefäße durch ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes, U-förmig gebogenes Glasrohr, das mit seinen Schenkeln in die Flüssigkeit beider Gläser tauchte. Nachdem das Element einige Zeit geschlossen war, nahm die Stromstärke ab; würde der Contact zwischen Wasserstoff und Kupfer hiefür maßgebend sein, so müsste der Wert der Polarisation sich sofort ändern, wenn statt der Kupferplatte eine Silber- oder Platinplatte, kurz ein anderes Glied der Spannungsreihe in das Glasgefäß eingetragen würde, was aber bei entsprechender Vorsicht nicht stattfindet, man im Gegentheil stets den gleichen Wert für die Polarisation erhält; dies widerspricht aber der Contacttheorie.

Dass nur der Wasserstoff an der Kupferplatte die alleinige Ursache der Polarisation bildet, erhellt daraus, dass, wenn man die Wasserstoffblasen von der Kupferplatte entfernt, indem man beispielsweise die Flüssigkeit in Bewegung setzt, wodurch die Gasblasen entweichen, oder dass man eine frische Kupferplatte an Stelle der mit Gasblasen bedeckten einträgt, die

Stromstärke sofort wieder ansteigt. Die Zinkplatte wird in jedem Elemente oxydirt, ja es wurde bereits gesagt, *dass überhaupt nur in der Oxydation und Auflösung der Zinkplatte die Quelle der elektromotorischen Kraft zu suchen sei; es ist also lediglich dafür zu sorgen, dass sich die Oberfläche des zweiten Elektromotors, der sich nicht direct an der chemischen Zersetzung betheiligt, nicht mit Wasserstoffblasen bedecke.*

Dass nicht gleich anfangs durch die Ausscheidung des Wasserstoffes eine Stromesschwächung eintritt, hat seinen Grund darin, dass der gebildete Wasserstoff durch den Sauerstoff der in der Erregungsflüssigkeit enthaltenen Luft oxydirt wird. Auch die Kupferplatte ist immer mit einer leichten Oxydschicht bedeckt, welche nach kurzer Zeit schwindet, so dass die Oberfläche der Kupferplatte ganz blank erscheint, weil der Sauerstoff derselben zur (Verbrennung) Oxydation des im Elemente gebildeten Wasserstoffes verwendet wird. Durch diese Oxydation des Wasserstoffes wird sogar die elektromotorische Kraft des Elementes erhöht. Es ist demnach dafür zu sorgen, dass der durch die Thätigkeit des Elementes abgeschiedene Wasserstoff oxydirt werde, welchen Vorgang man *Depolarisation* nennt.

Galvanische Ketten, in welchen durch Polarisation die Stromstärke bald vermindert wird, werden *inconstante* genannt, im Gegensatze zu jenen, in denen die Depolarisation möglichst vollständig sich vollzieht, die demnach einen durch lange Zeit constanten Strom liefern und aus diesem Grunde auch *constante Elemente* genannt werden.

Ein Beispiel eines constanten Elementes ist das *Daniell*'sche.

Daniell hatte sich die Aufgabe gestellt, eine Kette zu construiren, bei der erstlich das Zinkoxyd entfernt und zweitens das am Kupfer freiwerdende Wasserstoffgas ohne Fällung einer dies Metall verschlechternden Substanz absorbirt werde. Das von *Gassiot* verbesserte *Daniell*-Element enthält ebenfalls Kupfer und Zink, als Elektromotoren, aber zwei Erregungsflüssigkeiten, die durch eine *poröse Thonzelle, Diaphragma* genannt, voneinander getrennt werden; das Kupfer taucht hiebei in concentrirte Kupfersulfatlösung, das Zink, wie vorher, in verdünnte Schwefelsäure.

Das Element besteht demnach aus einem Glasgefäße, in welches ein Kupferblech-Cylinder gestellt wird, innerhalb dessen die Thonzelle steht, in welche das Zink (ebenfalls in Form eines Cylinders) gebracht wird; in das Glasgefäß wird sodann Kupfervitriollösung, in die Thonzelle verdünnte Schwefelsäure eingetragen. Die hier auftretenden chemischen Vorgänge sind folgende: im Thoncylinder wird Wasser zersetzt, der Sauerstoff oxydirt das Zink, welches in der Schwefelsäure sich zu Zinkvitriol löst. Der Wasserstoff geht zur Thonzelle, um durch diese zum Kupfer zu gelangen; im Glasgefäße findet auch Wasserzersetzung statt, der Sauerstoff geht zur Thonzelle, um durch diese zum Zink zu gelangen und verbindet sich daselbst mit dem aus der Thonzelle kommenden Wasserstoff zu Wasser; der Wasserstoff jedoch, der außerhalb der Thonzelle im Glasgefäße abgeschieden wurde, trifft auf seinem Wege zur Kupferplatte die Kupfervitriollösung, zersetzt dieselbe und scheidet Kupfer an der Kupferplatte metallisch ab. Das Schema dieses Vorganges ist folgendes:

$$\mathbf{Zn}\ O\ H_2\ S\ O_4\ H_2\ O\ H_2\ S\ O_4\ Cu.\ \mathbf{Cu}$$
$$\mathbf{Zn}\ O\ H_2\ S\ O_4\ H_2\ O\ H_2\ S\ O_4\ Cu.\ \mathbf{Cu}$$

Zinkoxyd ($Zn\,O$) und Schwefelsäure ($H_2\,SO_4$) setzen sich sodann in Zinksulfat ($Zn\,SO_4$) und Wasser ($H_2\,O$) um. H_2 und O am Diaphragma bilden auch $H_2\,O$ und Cu scheidet sich an der Kupferplatte metallisch ab.

Sorgt man dafür, dass die Concentration der Kupfervitriollösung durch eingetragene Kupfersulfatkrystalle stets erhalten werde, so bleibt das Element durch viele Stunden, ja sofern man von Zeit zu Zeit zur Zinkplatte verdünnte Schwefelsäure hinzusetzt und die gebildete Zinksulfatlösung entfernt, selbst durch Tage und Wochen mit unverminderter Stromstärke constant.

Schaltet man, wie zuvor, in den Schließungsbogen einer solchen Kette ein Galvanometer und ein Voltameter ein, so wird sowohl die Wasserzersetzung als auch die Nadelablenkung so lange constant bleiben, als man für den Ersatz der verbrauchten Materialien sorgt. Ein Polarisationsstrom tritt bei dieser Zusammenstellung nicht ein, die Kupfersulfatlösung wirkt hier depolarisirend.

Der Leitungswiderstand im allgemeinen. Wesentlicher und außerwesentlicher Widerstand.

Bei Besprechung der Volta'schen Säule und des Volta'schen Becherapparates wurde flüchtig erwähnt, dass durch die ungleichnamige Verbindung mehrerer Elemente untereinander eine größere Stromstärke erzielt wird, als ein einziges Element liefert. Die Stromstärke einer solchen Elementverbindung nimmt indes nicht direct proportional der Elementzahl zu, sondern hängt erstlich von der Art der Verbindung der Elemente untereinander und zweitens von dem Widerstande des ganzen Stromkreises ab.

Was die Verbindung der Elemente untereinander anbelangt, so unterscheiden wir mehrere Arten derselben; wären beispielsweise 30 Zink-Kupfer-Elemente untereinander in Verbindung zu setzen, so könnten erstlich alle 30 Elemente ungleichnamig, d. h. hintereinander verbunden werden, indem immer das Zink des einen mit dem Kupfer des anderen u. s. f., wie beim Volta'schen Becherapparat, in Contact gesetzt würde; diese Verbindung der Elemente nennt man die Kuppelung zur Säule (welcher Ausdruck von der ungleichnamigen Verbindung der Elemente in der Volta'schen Säule herrührt). Diese 30 Elemente können aber auch noch in der Art gekuppelt werden, dass alle Zinkplatten untereinander und desgleichen alle Kupferplatten untereinander verbunden würden, welche Vereinigung als Schaltung nebeneinander oder als gleichnamige Verbindung oder als Kuppelung zur Kette bezeichnet wird, weil diese 30 Elemente jetzt eigentlich nur eine große Kette darstellen.

Es wären indes noch andere Combinationen möglich; so könnte man beispielsweise je 2 Elemente zur Kette verbinden und die so gewonnenen 15 Ketten sodann zur Säule vereinigen; oder man könnte 10 Ketten zu 3 Elementen zu einer Säule verbinden; oder aus 6 Ketten zu 5 Elementen, oder aus 5 Ketten zu 6 Elementen, oder aus 10 Ketten zu 3 Elementen eine Säule zusammenstellen etc.

Welche Art der Zusammenstellung bei gegebener Anzahl bestimmter Elemente die größte Stromstärke liefern wird, das hängt einzig und allein, wie schon erwähnt, vom Widerstande des Stromkreises ab.

Verbinden wir beispielsweise ein frisch gefülltes Daniell-Element mit einem Galvanometer, das einemal durch einen 50 *cm* und das anderemal durch einen 50 *m* langen Kupferdraht von sonst gleicher Beschaffenheit (gleichem Querschnitte, gleicher Dichte, gleicher Temperatur etc.), so wird im zweiten Falle die Nadelablenkung geringer sein, somit eine geringere Stromstärke anzeigen, als im ersten Falle. Da wir ein constantes Element verwendeten, das bei einem und demselben Schließungsbogen durch mehrere Stunden die gleiche Ablenkung der Magnetnadel bewirkt, so kann die Ursache der Stromesschwächung nur in der Verlängerung des Drahtes zu suchen sein. Da Kupfer ein Glied der Spannungsreihe, also ein Leiter erster Classe ist, findet die Fortleitung der Elektricität in demselben von Molecül zu Molecül statt, ohne dass hiedurch die Substanz des Drahtes eine materielle Veränderung erleiden würde; es findet jedoch der galvanische Strom beim Übergange von einem Molecüle zum anderen trotzdem Hindernisse, die er überwinden muss, und die wir mit dem Ausdrucke Widerstand bezeichnen. Dieses Experiment lehrte uns zunächst, dass ein längerer Draht dem Strome einen größeren Widerstand entgegensetzt, als ein kürzerer Draht von sonst gleicher Beschaffenheit.

Warum auf gleiche Beschaffenheit des Drahtes besonderes Gewicht gelegt wird, erhellt sofort aus einem anderen Versuche. Verbinden wir das Daniell-Element mit dem Galvanometer, das einemal durch einen 2 *m* langen und 1 *cm* dicken, das anderemal durch einen ebenfalls 2 *m* langen, aber nur 1 *mm* dicken Kupferdraht von sonst gleicher Beschaffenheit (nämlich gleicher Temperatur, gleicher Dichte etc.), so wird das Galvanometer im ersteren Falle eine größere Stromstärke anzeigen, als im letzteren. Der dünne Kupferdraht setzt demnach dem Strome einen größeren Widerstand entgegen, als ein gleich langer Draht von größerem Querschnitt.

Machen wir dieselben Versuche mit zwei gleich langen und gleich dicken Kupferdrähten, von denen der eine auf 0° C. abgekühlt, der andere auf 100° C. erwärmt wurde, so wird der Widerstand des letzteren größer erscheinen, als der des ersteren.

Nehmen wir in gleicher Weise Drähte gleicher Länge, gleichen Querschnittes, gleicher Temperatur, aber verschiedenen Materiales zu unseren Versuchen, so finden wir deren Widerstände auch verschieden; so wird ein Neusilberdraht oder ein Platindraht einen bedeutend größeren Widerstand besitzen, als ein Silber- oder Kupferdraht von gleicher Länge, gleichem Querschnitt und gleicher Temperatur.

Der Widerstand eines Drahtes ist somit abhängig: erstlich von seiner materiellen Beschaffenheit (specifischer Widerstand) und zweitens von seiner Länge, seinem Querschnitt, seiner Temperatur, seiner Dichte etc.

Der reciproke Wert des Widerstandes ist die Leitungsfähigkeit: dem Vorhergesagten zufolge leiten demnach Silber und Kupfer die Elektricität besser, als Platin und Neusilber.

Um specifische Widerstände verschiedener Metalle miteinander vergleichen zu können, beobachtet man bei Verwendung einer constanten

Stromesquelle (eines Daniell-Elementes) den Nadelausschlag, der beispielsweise bei Einschaltung eines Kupferdrahtes von bestimmter Länge und bestimmtem Querschnitt in den Schließungsbogen eines Elementes, eintritt; sodann schaltet man einen Draht anderen Materials, jedoch von gleichem Querschnitt und gleicher Temperatur ein, und variirt die Länge desselben, bis das Galvanometer den früher beobachteten Ausschlag gibt. Da nun derselbe Widerstand im Schließungsbogen herrscht, lässt sich der specifische Widerstand dieser beiden Metalle dem früher Gesagten zufolge durch das umgekehrte Verhältnis der bezüglichen Drahtlängen ausdrücken. Nimmt man chemisch reine Metalle in Drahtform von gleichem Querschnitt, so entspricht der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 mm^2 Querschnitt und 1 *m* Länge dem Widerstand eines 4 *m* langen Neusilberdrahtes, eines 8 *m* langen Platindrahtes, eines 32 *m* langen Aluminiumdrahtes, eines 56 *m* langen Kupferdrahtes oder eines 64 *m* langen Silberdrahtes von gleichem Querschnitt.

Die Leitungsfähigkeit dieser Metalle ist dementsprechend durch die Zahlen 1, 4, 8, 32, 56 und 64 ausgedrückt. Die specifischen Widerstände derselben entsprechen den reciproken Werthen 1, $^1/_4$, $^1/_8$, $^1/_{32}$, $^1/_{56}$, $^1/_{64}$. Hienach ist beispielsweise der specifische Widerstand des Platins 8mal so groß, als der des Neusilbers, 14mal so groß, als der des Kupfers etc.

Flüssigkeiten haben einen bedeutend größeren Widerstand als Metalle und Leiter erster Classe. Bei ihnen findet ja überhaupt die Fortleitung des Stromes von Molecül zu Molecül nur dadurch statt, dass sie in der bereits früher angegebenen Weise zersetzt werden. Hiemit stehen die einschlägigen Versuche im Einklange; leichter zersetzbare Flüssigkeiten leiten besser, als schwerer zersetzbare; Elemente, wie z. B. Brom, das durch Elektrolyse nicht zersetzt werden kann, sind absolute Nichtleiter des galvanischen Stromes.

Das Leitungsvermögen der Leiter erster Classe nimmt bei deren Erwärmung ab; das Leitungsvermögen der Leiter zweiter Classe nimmt bei deren Erwärmung zu. Hiemit stimmt das vorhin Gesagte vollkommen überein. Da die Leiter erster Classe, beispielsweise die Metalle, die Elektricität von Molecül zu Molecül fortleiten, wird durch deren Erwärmung die Leitungsfähigkeit deshalb vermindert (und der Widerstand erhöht), weil durch die Erwärmung die Molecüle sich weiter von einander entfernen. Das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten muss aber hiedurch schon a priori ein besseres werden, weil durch die Erwärmung die Beweglichkeit der Molecüle, die ja der chemischen Zersetzung förderlich ist, erhöht wird.

Während man Widerstände von Leitern erster Classe in der angegebenen Weise direct vergleichen kann, lassen sich Widerstände der Flüssigkeiten nicht auf gleiche Art bestimmen oder untereinander vergleichen, weil die durch die Ablenkung der Magnetnadel angezeigte Stromstärke beim Durchgange durch die Flüssigkeit nicht nur durch deren Widerstand, sondern auch durch den bei der chemischen Zersetzung derselben entstehenden Gegenstrom (Polarisationsstrom) vermindert wird. Es muss vielmehr bei Bestimmung der Widerstände der Leiter zweiter Classe die Größe dieses Polarisationsstromes, als dem Hauptstrome entgegenwirkend, von diesem abgezogen und der Widerstand der untersuchten Flüssigkeiten erst mit Zugrundelegung dieser reducirten Stromstärke in einer später anzugebenden Weise bestimmt werden.

Nur eine einzige Zusammenstellung ist bekannt, wobei der Widerstand einer Flüssigkeit geradeso wie der Widerstand eines Metalles direct gemessen werden kann, und dies ist, wie schon erwähnt, eine concentrirte Zinksulfatlösung bei Anwendung wohl amalgamirter Zinkplatten als Elektroden.

Sollen specifische Widerstände verschiedener Körper miteinander verglichen und ihrer Größe nach mathematisch ausgedrückt werden, so muss der specifische Widerstand eines Körpers bei einer bestimmten Einheit der Länge und des Querschnittes, sowie bei bestimmter Temperatur als Vergleichs- und Maßeinheit gewählt werden, geradeso wie das specifische Gewicht des Wassers zur Bestimmung der Dichten anderer Körper benützt wird, und wie man die specifische Wärme eines Körpers auf die specifische Wärme des Wassers, die als Einheit angenommen wurde, bezieht. Für die Einheit des specifischen Widerstandes eignet sich indes das Wasser wegen seines ungeheuer großen Widerstandes nicht, weil für diesen Fall die Widerstände aller Metalle durch große Brüche ausgedrückt werden müssten. Es kömmt vielmehr bei der Wahl des Stoffes, der in bestimmten Abmessungen seiner Dimensionen als Widerstandseinheit gewählt werden soll, in erster Richtung darauf an, dass er immer leicht in chemisch reinem Zustande herbeigeschafft werden könne.

Man ist auf Siemens' Vorschlag übereingekommen, das Quecksilber in einer Säule von 1 *m* Länge und 1 mm^2 Querschnitt bei 0° C. als Widerstandseinheit anzunehmen, und nennt diese Einheit auch kurzweg die **Siemens**'sche **Einheit (S. E.)**. Nach den neuesten Bestimmungen des internationalen Congresses der Elektriker gilt eine Quecksilbersäule von 1 mm^2 Querschnitt und 1·06 *m* Länge als **absolute Widerstandseinheit** und wird kurzweg mit dem Ausdrucke **legales Ohm**[1]) bezeichnet.

Nimmt man eine dieser beiden Quecksilbersäulen als Widerstandseinheit an, so sind die specifischen Widerstände folgender Stoffe nach Zech[2]) approximativ (weil eine kleine Beimischung fremder Substanzen ihre Werte schon wesentlich ändert):

Quecksilber .	1	Gaskohle	43
Silber	0·017	Schwefelsäure vom specif. Gew. 1·27	7.320
Kupfer . . .	0·018	Schwefelsäure vom specif. Gew. 1·84	47.000
Zink	0·057	Käufliche Salpetersäure	18.000
Platin	0·092	Zinkvitriollösung	288.000
Eisen	0·099	Kupfervitriollösung	306.000
Neusilber. . .	0·248	Reines Wasser	120,000.000

Was den Widerstand der sogenannten Isolatoren anbelangt, beispielsweise Glas, Selen etc., so nimmt derselbe ebenfalls bei Erwärmung dieser Substanzen ab. Des Selens wurde schon früher gedacht und bezüglich des Glases ist die merkwürdige Beobachtung zu erwähnen, dass, wenn ein Glasstab stark erhitzt wird, sein Widerstand abnimmt:

---

[1]) Zum Unterschiede vom wirklichen Ohm, dessen Dimension noch nicht ganz genau bestimmt ist.

[2]) Zech, Die Physik in der Elektrotherapie, Tübingen 1875, pag. 12.

untersucht man jedoch einen solchen stark erhitzten und in den Schließungsbogen einer Stromesquelle eingeschalteten Glasstab nach Ausschaltung aus dem Stromeskreise und Verbindung seiner Enden mit den Drahtenden der Galvanometerspule, so tritt eine Nadelablenkung in entgegengesetzter Richtung als vorher, da der erhitzte Glasstab im Stromeskreise sich befand, ein; der Glasstab leitet also, schon ehe er die Schmelzungstemperatur erreicht, ebenfalls, wie die Leiter zweiter Classe durch Polarisation.

Die Stromstärke eines Elementes hängt indes nicht nur von den Widerständen im Schließungsbogen, sondern auch von den Widerständen innerhalb der Kette selbst ab. Dies lehrt ein einfacher Versuch. Theilen wir beispielsweise eine Glaswanne durch eine poröse Thonplatte in zwei Räume (indem wir die Thonplatte dicht in die Glaswanne einsetzen und die Berührungsstellen ringsum gut verkitten), tragen sodann in die eine Hälfte der Glaswanne concentrirte Kupfersulfatlösung, in die andere Hälfte derselben verdünnte Schwefelsäure ein und stellen in die erstere Flüssigkeit eine Kupferplatte, in die letztere eine Zinkplatte, so wird der Nadelausschlag am Galvanometer (nach Verbindung dieser Platten mit den Drahtenden der Galvanometerspulen) größer ausfallen, wenn die Platten der thönernen Scheidewand möglichst nahe stehen, hingegen geringer, wenn die Metallplatten von dieser porösen Scheidewand möglichst entfernt, an die äußersten Enden der Glaswanne gestellt werden. Im letzteren Falle ist ebenfalls die Länge des eingeschalteten flüssigen Zwischenleiters größer, als im ersteren, deshalb der Widerstand, wie bei Einschaltung eines längeren Drahtes in den Schließungsbogen geringer. Ebenso äußert der Querschnitt der Flüssigkeit, d. h. die Größe der Oberfläche der in die Flüssigkeit eingetauchten Metallplatten, die materielle Beschaffenheit des flüssigen Zwischenleiters, sein Concentrationsgrad, seine Temperatur etc. bedeutenden Einfluss auf die Größe des Widerstandes innerhalb des Elementes.

Wir unterscheiden daher immer den Widerstand der Kette als wesentlichen Widerstand vom Widerstand im Schließungsbogen, der außerwesentlicher Widerstand genannt wird. Die Summe beider Widerstände gibt dann den Gesammtwiderstand des ganzen Stromkreises an, von dem bei gegebener Elementzahl und Elementart, wie eingangs erwähnt, die Stromstärke abhängt.

Der äußere Widerstand wird durch den specifischen Widerstand des Schließungsbogen durch seine Länge und seinen Querschnitt angegeben. Häufig erscheint es wünschenswert, auch den inneren Widerstand auf gleiche Weise auszudrücken. Dies lässt sich dem oben Gesagten zufolge leicht ausführen, indem man die Größe desselben in Widerstandseinheiten (S. E. oder Ohms) angibt. Sind demnach der äußere und innere Widerstand in gleichen Maßen ausgedrückt, so gibt die Summe dieser Widerstände den Gesammtwiderstand des Stromkreises oder den reducirten Widerstand der Gesammtleitung.

Das Ohm'sche Gesetz.

Im vorhergehenden wurde im allgemeinen angegeben, dass durch die zunehmenden Widerstände die Stromstärke vermindert wird; es stehen somit Stromstärke und Leitungswiderstand im verkehrten Verhältnisse. Die Stromstärke hängt jedoch nicht nur vom Leitungswiderstande allein, sondern auch von der elektromotorischen Kraft (von der die Elektricität erregenden chemischen Action) ab, und wurde diesbezüglich gesagt, dass die elektromotorische Kraft der aufgewendeten chemischen Arbeit proportional sei.

Diese beiden Verhältnisse zusammengefasst, ergeben das Ohm'sche Gesetz, welches lautet:

Die Stromstärke ist direct proportional der elektromotorischen Kraft der Kette und umgekehrt proportional dem Widerstande des Stromkreises. Der Widerstand des Stromkreises ist direct proportional seiner Länge und dem specifischen Widerstande seines Stoffes und umgekehrt proportional seinem Querschnitte.

Bezeichnet I die Stromstärke oder Stromesintensität, E die elektromotorische Kraft und W den reducirten Leitungswiderstand des ganzen Stromkreises, L dessen Länge und Q seinen Querschnitt, so ist

$$I = \frac{E}{W} \text{ und } W = \frac{L}{Q}.$$

Da aber der Gesammtwiderstand W die Summe des äußeren Widerstandes W_a und des inneren W_i darstellt, so lässt sich das Ohm'sche Gesetz auch ausdrücken durch die Formel

$$I = \frac{E}{W_a + W_i}.$$

Dieser Ausdruck gibt uns genau die Verhältnisse an, von denen die Stromstärke eines Elementes oder einer Elementverbindung abhängt; er lehrt uns zugleich, wie eine gegebene Anzahl von Elementen zu verbinden sei, um die größtmöglichste Stromstärke bei gegebenem äußeren Widerstande zu erzielen. Die Discussion dieses Gesetzes wird auch alle Beziehungen zwischen Stromstärke elektromotorischer Kraft und Widerstand, die von den Ärzten so oft durch die irrig gebrauchten und angewendeten Bezeichnungen Quantität und Intensität des Stromes (Begriffe, die in dieser Fassung am besten ganz verlassen werden sollten) confundirt wurden, für jeden speciellen Fall klarlegen und zeigen, dass die Ursache der verschiedentlichen Wirkungsart nur in den Beziehungen der elektromotorischen Kraft zu den Widerständen gelegen ist.

Das Ohm'sche Gesetz lehrt I.: Bei Anwendung eines Schließungsbogens von geringem Widerstande lässt

sich die Stromstärke durch Vermehrung der Elementzahl nicht vergrößern.

Bezeichnet I_1 die Stromstärke eines Elementes und J_n die Stromstärke von n Elementen, W_i den inneren Widerstand jedes einzelnen Elementes und W_a den im Verhältnisse zu diesem verschwindend kleinen äußeren Widerstand für beide Fälle, so ist $I_1 = \frac{E}{W_i}$ (da man den äußeren Widerstand W_a (als gegen W_i sehr klein) vernachlässigen kann); $J_n = \frac{n E}{n W_i}$ (da man hier um so eher den kleinen äußeren Widerstand W_a gegen den n mal größeren inneren Widerstand vernachlässigen kann). Die letzte Formel gibt durch n abgekürzt für $J_n = \frac{E}{W_i}$, somit ist die Stromstärke J_n von n Elementen ebenso groß, als die Stromstärke I_1 eines Elementes.

So ist beispielsweise der innere Widerstand der zu Heilzwecken am häufigsten gebrauchten Modification des Daniell-Elementes von Siemens und Halske sehr bedeutend; ein solches Element ist nicht vermögend, einen Inductionsapparat in Thätigkeit zu setzen; weil aber der Draht der Primärspirale, durch welchen der Strom kreist, einen nur geringen Widerstand enthält, wird man selbst mit einer Batterie aus 100 derartigen Elementen, die ungleichnamig verbunden sind, nicht imstande sein, den Inductionsapparat in Gang zu setzen; ja, hätte man deren hunderttausende und noch mehr zur Verfügung, so würden sie bei ungleichnamiger Kuppelung und Einschaltung des Inductionsapparates nicht mehr leisten als ein einziges Element.

Dagegen lehrt das Ohm'sche Gesetz II.: Dass bei sehr kleinem äußeren Widerstande die Stromstärke mit der Vergrößerung der Elektromotoren (daher mit der Verkleinerung des inneren Widerstandes) zunimmt.

Verbindet man n Elemente gleichnamig (nebeneinander) zur Kette, indem man alle Zink- und alle Kupferplatten untereinander vereinigt, so ist in dieser Combination die elektromotorische Kraft E dieselbe wie vorher, weil dem bereits früher Gesagten zufolge die elektromotorische Kraft von der Größe der in Contact kommenden Flächen unabhängig ist und nur von dem Materiale (Stellung in der Spannungsreihe, Art der flüssigen Zwischenleiter etc.) abhängt. Der innere Widerstand dieser großen Kette jedoch wird n mal kleiner sein, weil die Oberfläche der Elektromotoren n mal größer geworden ist; ist demzufolge $I_1 = \frac{E}{W_i}$ (weil W_a als sehr klein vernachlässigt werden kann), so ist $J_n = \frac{E}{W_i : n} = \frac{n E}{W_i}$, also $= n I_1$, d. h. die Stromstärke nimmt hier mit der Vergrößerung der Stromgeber zu.

Ist der äußere Widerstand gering, so wähle man großplattige Elemente mit geringem inneren Widerstand, so z. B. zur Ingangsetzung eines Inductionsapparates zum Erglühen eines Galvanocauters oder einer Schneideschlinge etc.

Dagegen nützt III. die Vergrößerung der Elektromotoren nichts bei großem äußeren Widerstande.

Ist W_a sehr groß, so kann W_i dagegen vernachlässigt werden, umsomehr also noch $\frac{W_i}{n}$, und die Formel $I = \frac{E}{W_i + W_a}$ wird bei dieser Voraussetzung in $I = \frac{E}{W_a}$ übergehen, und bei einem n mal so großen Element ebenfalls denselben Wert haben.

IV. Bei großem äußeren Widerstand wird die Stromstärke durch Vermehrung der Elementenzahl vergrößert.

Ist W_a gegenüber W_i so groß, dass letzteres ersterem gegenüber vernachlässigt werden kann, so ist $I_1 = \frac{E}{W_a}$ und bei n Elementen $J_n = \frac{n\,E}{W_a}$, also wächst die Stromstärke bei großem äußeren Widerstand proportional der Elementzahl. Daher sind viele Elemente (selbst von großem inneren Widerstande) nöthig, wenn es sich um physiologische Wirkungen (um Anwendung der Elektricität auf die unverletzte Haut) oder um chemische Wirkungen (Elektrolyse) handelt, in welchen Fällen ein sehr großer äußerer Widerstand vorhanden ist. Für diesen Fall würde aber die Vergrößerung der Platten, wie oben erwähnt, nichts nützen. Daher genügen zu diesem Zwecke kleine Elemente; die Verkleinerung derselben darf jedoch nicht zu weit gehen, auf dass ihre Wirksamkeit nicht so rasch erschöpft werde; großplattige Elemente sind jedoch für diese Zwecke unnöthig, weil in diesen bei gleicher Wirkung zu viel Zink und Erregungsflüssigkeit verbraucht wird.

In beiden Fällen, sowohl bei großem als auch bei kleinem äußeren Widerstande lässt sich selbstverständlich die Stromstärke noch durch Vergrößerung der elektromotorischen Kraft verstärken, also durch die Wahl von Elementen, die eine größere elektromotorische Kraft besitzen.

Übrigens lässt sich die Stromstärke weder durch Vermehrung der Elementzahl bei großem äußeren Widerstande, noch durch Vergrößerung der Platten bei kleinem äußeren Widerstande bis ins Unendliche steigern, sondern es ergibt sich bei fernerer Discussion des Ohm'schen Gesetzes:

V., dass die Stromstärke ihr Maximum erreicht, wenn der äußere Widerstand dem inneren gleich wird.

In Fällen, wo der äußere Widerstand nicht sehr groß oder sehr klein ist, werden anderweitige Kuppelungen, als die eben besprochenen, vortheilhafter sich erweisen; so wird man beispielsweise aus n Elementen p Gruppen formiren, in welchen $\frac{n}{p}$ Elemente nebeneinander geschaltet sind, und diese p Gruppen nun nacheinander zur Säule vereinigen; welches hiebei die vortheilhafteste Schaltung ist, ergibt ein weiterer Satz, der ebenfalls aus dem Ohm'schen Gesetz sich ableiten lässt, nämlich:

VI. Die Zahl der in eine Gruppe nebeneinander zu schaltenden Elemente x ist bei n Elementen

$$x = \sqrt{(n\,W_i : W_a)}.$$

Die elektromotorische Kraft eines Elementes E wäre beispielsweise = 10; sein innerer Widerstand $W_i = 20$; der äußere Widerstand W_a das einemal = 2, das anderemal = 5000.

Im ersten Falle wäre die Stromstärke eines solchen Elementes

$$I_1 = \frac{E}{W_i + W_a} = \frac{10}{20 + 2} = 0{\cdot}45.$$

Verbindet man 10 solche Elemente ungleichnamig, so erhält man:

$$I_{10} = \frac{10\,E}{10\,W_i + W_a} = \frac{100}{200 + 2} = 0{\cdot}49.$$

100 Elemente in gleicher Weise verbunden ergeben:

$$I_{100} = \frac{100\,E}{100\,W_i + W_a} = \frac{1000}{2000 + 2} = 0{\cdot}49 \text{ etc.}$$

und bei 1000 in derselben Weise gekuppelten Elementen:

$$I_{1000} = \frac{1000\,E}{1000\,W_i + W_a} = \frac{10000}{20000 + 2} = 0{\cdot}49.$$

Verbindet man dagegen diese Elemente gleichnamig (neben einander) zur Kette, so geben:

1 Element $I_1 = \frac{E}{W_i + W_a} = \frac{10}{20 + 2} = 0{\cdot}45,$

2 Elemente $I_2 = \frac{E}{\frac{W_i}{2} + W_a} = \frac{10}{10 + 2} = 0{\cdot}83,$

3 „ $I_3 = \frac{E}{\frac{W_i}{3} + W_a} = \frac{10}{6{\cdot}6 + 2} = 1{\cdot}16,$

4 „ $I_4 = \frac{E}{\frac{W_i}{4} + W_a} = \frac{10}{5 + 2} = 1{\cdot}43,$

5 „ $I_5 = \frac{E}{\frac{W_i}{5} + W_a} = \frac{10}{4 + 2} = 1{\cdot}67,$

und 10 „ $I_{10} = \frac{E}{\frac{W_i}{10} + W_a} = \frac{10}{2 + 2} = 2{\cdot}5.$

woraus ersichtlich ist, dass die Stromstärke bei geringem äußeren Widerstande fast proportional zur Vergrößerung der Platten zunimmt.

Im zweiten Falle ($W_a = 5000$) wäre die Stromstärke

eines Elementes $I_1 = \frac{E}{W_i + W_a} = \frac{10}{20 + 5000} = 0{\cdot}0019;$

2 Elemente ungleichnamig geschaltet würden ergeben:

$$I_2 = \frac{2\,E}{2\,W_i + W_a} = \frac{20}{40 + 5000} = 0{\cdot}0039,$$

3 Elemente in gleicher Weise geschaltet ergeben:

$$I_3 = \frac{3\,E}{3\,W_i + W_a} = \frac{30}{60 + 5000} = 0{\cdot}0059.$$

4 Elemente ergeben ferners:

$$I_4 = \frac{4\,E}{4\,W_i + W_a} = \frac{40}{80 + 5000} = 0{\cdot}0078,$$

woraus ersichtlich ist, dass bei großem äußeren Widerstande die Strom-

stärke bei ungleichnamiger Schaltung der Elemente fast proportional der Elementzahl zunimmt.

Dagegen würde hier durch Schaltung der Elemente nebeneinander (gleichnamig) zur Kette die Stromstärke nicht vergrößert werden; denn ein Element gibt

$$I_1 = \frac{E}{W_i + W_a} = \frac{10}{20 + 5000} = 0\cdot0019.$$

Bei 2 gleichnamig geschalteten Elementen ist

$$I_2 = \frac{E}{\frac{W_i}{2} + W_a} = \frac{10}{10 + 5000} = 0\cdot0019,$$

und bei 100 zur Kette gekuppelten Elementen

$$I_{100} = \frac{E}{\frac{W_i}{100} + W_a} = \frac{10}{\frac{1}{5} + 5000} = 0\cdot0019.$$

Hat man eine gegebene Anzahl von Elementen mit bekanntem inneren und bekanntem äußeren Widerstande, so ist die beste Schaltung, indem man $\sqrt{n \frac{W_i}{W_a}}$ Elemente nebeneinander zur Kette und die so gewonnenen Ketten nacheinander zur Säule verbindet.

Ergibt diese Rechnung als Resultat einen Bruch, so nimmt man die nächstliegende ganze Zahl; lässt sich die gegebene Elementzahl durch diesen gefundenen oder abgerundeten Divisor nicht ohne Rest theilen, so nimmt man die dieser gefundenen Zahl zunächst liegende als Anzahl der in eine Kette zu vereinigenden Elemente und verbindet sodann die erhaltenen Ketten zur Säule.

Wären beispielsweise 40 der oben erwähnten Elemente einmal für den äußeren Widerstand 2, das anderemal für $W_a = 5000$ zu vereinigen, so müssten im ersten Falle $x = \sqrt{\frac{40 \times 20}{2}} = 20$, d. h. es wären je 20 Elemente nebeneinander zur Kette zu vereinigen und aus 2 solchen Ketten eine Säule zu formiren.

J_x wäre demach $= \frac{10}{\frac{20}{20} + 2} = 3\cdot3$, 2 solche Ketten zur Säule vereinigt würden geben $= \frac{2 \times 10}{2 \times \frac{20}{20} + 2} = 5$, für welchen Fall der innere Widerstand dem äußeren gleich wäre. Dass diese Schaltung unter den obwaltenden Umständen auch wirklich die größtmöglichste Stromstärke liefert, erhellt daraus, dass keine andere Combination eine größere Stromstärke gibt, selbst nicht, wenn alle 40 Elemente zur Säule vereinigt würden; denn für diesen Fall wäre $I_{10} = \frac{10}{\frac{20}{40} + 2} = 4.$

Im zweiten Falle ($W_a = 5000$) wäre $x = \sqrt{\frac{40 \times 20}{5000}} = 0\cdot4$;

die nächste ganze Zahl ist 1, folglich müssen die Elemente alle nacheinander geschaltet werden, da immer nur ein Element eine Kette bilden darf, was aber dem oben Ausgeführten vollkommen entspricht.

Diese Erörterungen haben somit ganz klar gezeigt, dass die Stromstärke nur lediglich von der elektromotorischen Kraft und der Vertheilung der Widerstände abhängt.

Man nennt noch hergebrachterweise die Schaltung der Elemente nebeneinander (gleichnamig) oder zur Kette die Kuppelung auf Quantität und die Verbindung der Elemente nacheinander (ungleichnamig) zur Säule die Kuppelung auf Intensität oder Spannung. Allein es ist unrichtig, von „Quantitäts- und Intensitätsströmen" zu sprechen; denn nicht die Kuppelung allein gibt die Stromstärke an, sondern es kömmt hiebei noch der äußere Widerstand in Rechnung zu ziehen. Die obige Discussion hat gezeigt, wie selbst bei Kuppelung auf Quantität die Stromstärke bei eingeschalteten großen, äußeren Widerständen selbst unter Anwendung vieler Elemente gering bleibt, geradeso wie die Schaltung auf Spannung bei kleinem äußeren Widerstande keine Vergrößerung der Stromstärke ergibt, man mag so viele Elemente vereinigen, als man nur immer will.

Es musste dies eigens nachdrücklichst hervorgehoben werden, weil noch heutzutage einige Ärzte in dem Wahne befangen sind, mit großplattigen Elementen auf den menschlichen Körper eigenartige (?) Wirkungen hervorbringen zu können. So z. B. perhorrescirt Th. Clemens in Frankfurt a. M. die Anwendung kleiner Elemente in der Elektrotherapie und empfiehlt nur die Benützung großplattiger Grove'scher oder Bunsen'scher Elemente mit geringem inneren Widerstande, um die „Quantität" der Elektricität wirken zu lassen (?). Nun ist aber oben gezeigt worden, dass bei dem großen Widerstande des menschlichen Körpers (über 5000 S. E.) großplattige und kleine Elemente gleich wirken, da es nicht auf die Größe, sondern auf die Zahl der Elemente ankommt, sei es, dass man „katalytisch" oder „elektrolytisch" einwirken will.

Auch sonst begegnet man oft der veralteten Anschauung Frommhold's, die er in zwei Monographien [1]) veröffentlicht hat.

In der erstangegebenen Schrift [1]) beschreibt Frommhold pag. 23 u. f. f. seine in zahlreiche Lehrbücher der Elektrotherapie (selbst in deren neuesten Auflagen) aufgenommene Batterie, von der er (pag. 23) fordert, dass der von ihr gelieferte Strom „über den mittleren Wert hinaus durch seine Quantitätsleistung eminent wirksam gesteigert werden könne und in diesem Quantitätswert . . . eine Modification zulasse . . . zugleich aber einen in allen Fällen genügenden Intensitätswert mit dessen mannigfaltigsten Varianten und **getrennter Modificirbarkeit** . . . haben müsse." Analysiren wir, mit Zugrundelegung des Ohm'schen Gesetzes diese völlig unklare Auseinanderhaltung zwischen „Quantitäts- und Intensitätswert" und der hier möglichen (?) „Modificirbarkeit derselben".

Die Frommhold'sche Batterie besteht aus 32 ungleichnamig (also auf Spannung) gekuppelter (später näher zu besprechender Zink-Platin-

---

[1]) Der constante galvanische Strom, modificirbar in seinem Intensitäts- und Quantitätswert, Pest 1866—67, und: Elektrolysis und Elektrokatalysis, Pest 1874.

moor-) Elemente. Die Platten dieser Elemente sind in einen Rahmen gefasst und können mittels einer Hebe- und Senkvorrichtung entweder tiefer in die Flüssigkeit hinabgesenkt oder aus derselben nach Belieben emporgehoben werden. Außerdem ist eine Einrichtung getroffen, um nach Bedarf ein Element nach dem anderen einschalten zu können. Da diese Batterie für katalytische und elektrolytische Zwecke bestimmt ist, wobei ein in runder Summe auf mindestens 5000 S. E. zu veranschlagender äußerer Widerstand eingeschaltet wird und nach Zech[1]) der reducirte innere Widerstand eines Elementes bei völliger Einsenkung der Platten auf 0·5 S. E. und die elektromotorische Kraft mit 21 zu veranschlagen ist, so ergibt diese Batterie bei Einschaltung aller 32 Elemente und völligen Einsenkung der Platten eine Stromstärke $I = \frac{32 \times 21}{32 \times 0{\cdot}5 + 5000} = 0{\cdot}1339$.

Werden die Platten allmählich herausgehoben (was Frommhold „die Modificirbarkeit des Quantitätswertes" nennt), so steigt der innere Widerstand. Sind die Platten ganz eingesenkt und werden sie in acht Abstufungen aus der Flüssigkeit gehoben, so entspricht einer

Einsenkung von	der innere Widerstand				
	eines Elementes	von 10 Elementen	von 20 Elementen	von 30 Elementen	von 32 Elementen
$^8/_8$	0·5	5·0	10·0	15·0	16·0
$^7/_8$	0·57	5·7	11·4	17·1	18·24
$^6/_8$	0·66	6·6	13·2	19·8	21·12
$^5/_8$	0·8	8·0	16·0	24·0	25·6
$^4/_8$	1·0	10·0	20·0	30·0	32·0
$^3/_8$	1·32	13·2	26·4	39·6	42·24
$^2/_8$	2·0	20·0	40·0	60·0	64·0
$^1/_8$	4·0	40·0	80·0	120·0	128·0

Bei Einschaltung eines Widerstandes von 5000 S. E. in den Stromkreis geben diese 32 Elemente bei den folgenden Einsenkungen der Platten in die Flüssigkeit die nachstehenden Stromstärken: Beim völligen Einsenken der Platten bis $^8/_8$ eine Stromstärke von 0·1339

$^7/_8$ „ „ „ 0·1339
$^6/_8$ „ „ „ 0·1338
$^5/_8$ „ „ „ 0·1337
$^4/_8$ „ „ „ 0·1335
$^3/_8$ „ „ „ 0·1334
$^2/_8$ „ „ „ 0·1327
$^1/_8$ „ „ „ 0·1310

Taucht man abermals die Platten ganz ($^8/_8$) in die Flüssigkeit und nimmt statt 32 Elementen deren nur 31, so erhält man eine Stromstärke von 0·1297. Also wird durch das allmähliche Eintauchen und Herausheben aller 32 Elemente die Stromstärke nicht einmal um den Betrag eines einzigen Elementes erhöht oder vermindert; denn bei völlig eingetauchten Platten ergibt die Verminderung der in der Reihe nacheinander gekuppelten Elemente bloß um 1, eine bedeutendere Stromverminderung, als das Herausheben der Platten aller 32 Elemente, so dass nur mehr der 8. Theil derselben in die

[1]) Zech, Die Physik in der Elektrotherapie, pag. 78.

Flüssigkeit hineinragt. Die Platten könnten ebenso 8mal kleiner sein und würden dem gedachten Zwecke in gleicher Weise entsprechen. Dagegen lässt sich durch Einschaltung mehrerer oder wenigerer Elemente (Modification des Intensitätswertes nach Frommhold) allerdings eine bedeutende Veränderung der Stromstärke erzielen; denn es ergibt bei völlig ($^8/_8$) eingetauchten Platten 1 Element eine Stromstärke von 0·0041,

10	„	„	„	„	0·0419,
20	„	„	„	„	0·0838,
30	„	„	„	„	0·1256,

was somit das Vorhergesagte völlig illustrirt, da hier bei Einschaltung eines großen äußeren Widerstandes die Stromstärke wirklich proportional der Elementzahl zunimmt. Es ist demnach die Modificirbarkeit des „Quantitätswertes“ nach Frommhold bei Anwendung seiner Batterie zu elektro therapeutischen Zwecken, wozu sie ja eigentlich bestimmt ist, ganz illusorisch und zeigt deutlich, wie durch Vergrößerung der Elemente selbst um das 8fache (bei 32 nacheinander geschalteten Elementen) die Stromstärke nicht einmal um den Betrag eines Elementes vermehrt werden kann, indem bei 8mal kleineren Elementen die Ausschaltung eines einzigen Elementes die Stromstärke bedeutender verringert, als hier das Herausheben der Platten bis auf den 8. Theil der vorher eingetauchten Flächen.

Zu galvanokaustischen Zwecken ist diese Batterie schon wegen der rasch auftretenden Polarisation und der Kleinheit der Elemente nicht geeignet, also kann ihr „Quantitätswert“ nicht ausgenützt werden. Wäre dies möglich, so würde allerdings bei sehr geringem äußeren Widerstande die Stromstärke durch tieferes oder minder tiefes Einsenken in weiten Grenzen modificirbar sein. Würde man beispielsweise einen kurzen Platindraht von dem Widerstande 1 in den Schließungsbogen der Batterie einschalten, so würde bei Einsenkung der Platten

bis	die Stromstärke von				
	1	10	20	30	32
	Elementen betragen				
$^1/_8$	4·20	5·12	5·19	5·20	5·98
$^2/_8$	7·0	10·0	10·24	10·32	10·33
$^3/_8$	9·03	14·78	15·32	15·51	15·54
$^4/_8$	10·5	19 09	20·0	20·32	20·36
$^5/_8$	11·67	23·33	23·53	25·20	29·02
$^6/_8$	13·12	27·63	29·57	30·28	30·38
$^7/_8$	13·37	31·34	33·87	34·80	34·92
$^8/_8$	14·0	35·0	38·18	39·37	39·52

Diese Übersicht zeigt, dass bei Einschaltung eines geringen Widerstandes allerdings durch Vergrößerung der Platten die Stromstärke bedeutend vermehrt werden kann; wohl erweist sich hier bei dem geringen inneren Widerstande dieser Elemente auch die Vermehrung ihrer Zahl in Bezug auf die Vergrößerung der Stromstärke von Nutzen; allein es steigen die Werte in den horizontalen Colonnen („Intensitätswert“ nach Frommhold) hier nicht so rasch an, wie die verticalen („Quantitätswert“).

Dies Beispiel zeigt, wie zu galvanokaustischen Zwecken großplattige Tauchbatterien sich mit Vortheil verwerten lassen, weil ihre Strom-

stärke bei geringem äußeren Widerstand durch tieferes oder minder tiefes Eintauchen erheblich variirt werden kann. Allein nur dort ist eine solche Einrichtung praktisch und dem Zwecke entsprechend. Dagegen lässt sich bei Einschaltung eines großen äußeren Widerstandes die Stromstärke durch tieferes oder minder tiefes Eintauchen der Platten so gut wie gar nicht verändern. Daher sind solche Einrichtungen bei Anwendung der Elektricität in der Elektrotherapie zu katalytischen und elektrolytischen Zwecken, zu elektrischen Bädern etc. ganz überflüssig und zwecklos, ihr eingebildeter Nutzen ganz illusorisch.

Wäre die Frommhold'sche Batterie so eingerichtet, dass die Elemente beliebig gekuppelt werden könnten, so würde bei Einschaltung eines großen äußeren Widerstandes (5000 S. E.) allerdings die Schaltung nacheinander auch die vortheilhafteste sein; allein bei Einschaltung eines geringen äußeren Widerstandes (beispielsweise 1 S. E.) würde die Formel $x = \sqrt{n \frac{W_i}{W_a}} = \sqrt{\frac{33 \times 0 \cdot 5}{1}} = 4$ ergeben, d. h. die beste Combination wäre hier stets je 4 Elemente parallel nebeneinander zu schalten und (32 : 4 = 8) 8 solche 4fache Elemente nacheinander zur Säule zu vereinigen. Ein solches 4faches Element hätte ebenfalls die elektromotorische Kraft 21, aber einen 4mal geringeren Widerstand (0·125); der innere Widerstand von 8 solchen Elementen wäre dann ebenfalls 1, d. i. gleich dem äußeren Widerstande und die elektromotorische Kraft E = 8 × 21 = 168; die Stromstärke dieser Batterie ergäbe somit I = 168 : 2 = 84, also mehr denn doppelt soviel, als die vortheilhafteste Anordnung (alle Elemente ganz eingetaucht) bei der Frommhold'schen Batterie ergibt.

Neuerdings während der Wiener Elektricitätsausstellung 1883 waren einige großplattige Tauchbatterien als sogenannte medicinische Universalbatterien zu sehen. Das Princip derselben ist aber dem eben Dargelegten zufolge ein ganz irriges, da die Batterien für großen äußeren oder sehr geringen äußeren Widerstand ganz anders gebaut sein müssen. Für ersteren Fall sind viele kleine Elemente nöthig, die in Anbetracht ihres Zweckes einen großen inneren Widerstand haben dürfen, für den zweiten Fall hingegen wenige großplattige Elemente mit möglichst geringem inneren Widerstande: außerdem kann die elektromotorische Kraft der Elemente im ersten Falle eine geringere sein als im letzteren Falle, weil die elektromotorische Kraft mit der chemischen Thätigkeit des Elementes, also mit dem Materialverbrauche, gleichen Schritt hält, was bei vorübergehender Benützung einer Batterie aus wenig Elementen zu galvanokaustischen Operationen beispielsweise kaum ins Gewicht fällt, dagegen bei häufiger und langdauernder Benützung einer Batterie aus vielen Elementen, wie sie für Zwecke der Katalyse und Elektrolyse gebraucht werden, schon ganz erhebliche Kosten und eine baldige Abnützung des ganzen Apparates bedingen würde.

Wohl kann man durch verschiedentliche Kuppelung sich zur Noth mit einer Batterie für manche Zwecke helfen; aber die erreichbaren Vortheile bleiben immer in engen Grenzen. Eine wirkliche Universalbatterie für Galvanokaustik, Elektrolyse, Katalyse, für hydroelektrische Bäder, zur Armirung eines Inductionsapparates, zur Elektroendoskopie etc.

bleibt eine Utopie; nicht zu sagen, dass sie unmöglich wäre; im Gegentheil realisiren ließe sich dies Verlangen schon, allein die Erhaltungskosten einer solchen Batterie wären bedeutend größer, als der Anschaffungspreis zweier oder gar dreier entsprechender Stromesquellen betragen würde.

Von mancher Seite wurde der Einwirkung großplattiger Elemente auf den menschlichen Organismus (bei Application des Stromes auf die unverletzte Haut) eine besondere, ganz eigenartige Wirkungsweise zugeschrieben, von anderer Seite die Anwendung großplattiger Elemente zu gedachtem Zwecke aus mancherlei, nicht genau definirbaren Gründen perhorrescirt. In beiden Fällen war das unverständliche Verhältnis zwischen den eingebildeten „Quantitäts- und Intensitätsströmen mit ihrer getrennten Modificirbarkeit“ an dieser Begriffsverwirrung schuld. Bei richtiger Deutung des Ohmschen Gesetzes schwinden alle diese künstlichen Schwierigkeiten und lassen sich die betreffenden Verhältnisse, wie gezeigt, mathematisch miteinander vergleichen. Völlig klar sind dieselben bereits im Jahre 1858 von Dr. Benedict Schelle auseinandergesetzt worden. [1])

Stromdichte. — Theilung des Stromes. — Stromverzweigung. — Kirchhoff's Gesetze.

Aus dem Ohm'schen Gesetze fließt noch der Satz: Die Stromstärke ist im Gesammtleitungskreise gleich, d. h. die Stromstärke ist in allen Theilen des Schließungsbogens gleich groß, derselbe mag aus was immer für Leitern gebildet sein.

Eigentlich ergibt sich dieser Satz schon aus dem Vergleiche mit einer strömenden Flüssigkeit. Findet (wie beim constanten Strom) continuirliches Fließen des Wassers durch eine Rohrleitung statt, so wird die in der Zeiteinheit durch jeden Querschnitt der Rohrleitung strömende Wassermenge an allen Stellen der Leitung gleich groß sein; verengt man an einer Stelle das Rohrnetz, so wird nicht nur an dieser Stelle, sondern im ganzen Stromeskreise in der Zeiteinheit weniger Wasser fließen. Experimentell hat diesen Satz Barlow (schon 1825) bewiesen, indem er eine Magnetnadel an verschiedenen Stellen einer langen Leitung einschaltete und überall dieselbe Ablenkung fand. Dass dieser Satz auch für eingeschaltete Leiter mit großem Widerstande, z. B. Flüssigkeiten gilt, hat Fechner (1831) gezeigt, indem er mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllte Glasröhren in den Schließungsbogen einschaltete und an einer das einemal über dieser Flüssigkeitssäule, das anderemal über einen anderen Theil des Schließungsbogens (beispielsweise über einen gut leitenden Draht) gehaltenen Magnetnadel die gleiche

[1]) Dr. Benedict Schelle, Ueber die Gesetze elektrotherapeutischer Wirkungen, Inaug.-Dissert. München 1858, pag. 11 ff.

Ablenkung fand. Gibt man dem Elemente die Form einer langgestreckten Wanne und hält die Magnetnadel über oder unter der zwischen den stromgebenden Platten eingeschalteten Flüssigkeit, so erhält man ebenfalls die gleiche Nadelablenkung, wie an jedem anderen Theile der Leitung, woraus erhellt, dass die Intensität des galvanischen Stromes an allen Stellen seiner Leitung dieselbe sei.

Dies gilt jedoch nur insolange, als der Strom einen einfachen Stromkreis durchfließt; ist jedoch der Stromkreis verzweigt, so hat jeder Zweig seine besondere Stromstärke.

Für den Fall des unverzweigten Stromkreises kann man (sofern der Schließungsbogen aus einem Drahte oder einem sonst prismatischen Körper besteht,) sich den durch den Schließungsbogen circulirenden Gesammtstrom in eine Anzahl Stromfäden aufgelöst denken, die alle einander parallel verlaufen. Spalten wir an einer Stelle den Draht in zwei Zweige, so können wir auch die zugehörigen Stromfäden entsprechend abgetheilt denken; sind diese beiden Zweige gleich dick, so wird jeder von ihnen eine gleiche Anzahl Stromfäden, somit eine gleiche Stromstärke besitzen. Selbstverständlich wird die Summe der Stromfäden beider Zweige, also die Summe der Stromstärken in denselben, gleich sein der Anzahl Stromfäden, beziehungsweise der Stromstärken in den unverzweigten Theilen des Schließungsbogens. Haben aber beide Zweige nicht denselben Querschnitt, so ist auch die Stromstärke beider nicht gleich; hat der eine Zweig beispielsweise einen dreimal so großen Querschnitt als der andere, so wird er auch dreimal so viele Stromfäden enthalten und dementsprechend auch eine dreimal so große Stromstärke als der andere Zweig besitzen; auf den ersten entfallen somit $^3/_4$, auf den letzten $^1/_4$ der Gesammtstromstärke der unverzweigten Leitung.

Aus diesen Betrachtungen fließen zunächst zwei Sätze, und zwar: Die Summe der Stromstärken aller Zweige ist gleich der Stromstärke der unverzweigten Leitung, und die Stromstärke eines jeden Zweiges steht im Verhältnisse zu seinem Leitungsvermögen oder im umgekehrten Verhältnisse zu seinem Widerstande.

Für diese beiden Zweige, in welche der Schließungsbogen gespalten gedacht wurde, kann immer der ungetheilte Schließungsbogen gesetzt werden. Ebenso kann man für beliebig viele Zweige des Schließungsbogens einen einzigen Zweig von entsprechendem (reducirten) Widerstande setzen, der dann auch dem Gesammtwiderstande aller Zweige zusammengenommen entspricht und auch die Summe der Stromstärken aller Zweige besitzt.

Fig. 5.



Da die Gesetze der Stromverzweigung einerseits zur Vergleichung elektromotorischer Kräfte, Widerstände und Stromstärken, andererseits bei der Anwendung der Elektricität zu Heilzwecken vielfach Anwendung finden, wollen wir einige derselben aus einfachen Betrachtungen deduciren. Es wäre beispielsweise die Kette K, Fig. 5, die eine elektromotorische Kraft $E = 20$ und einen inneren Widerstand $W_i = 1$ besitzt, durch den Schließungsbogen K D B F K geschlossen; des weiteren

wären K D = D B = B F = F K = 1, somit $W_a = 4$. Für diesen Fall ist die Intensität des durch den bezeichneten Schließungsbogen circulirenden Stromes $J = \frac{20}{5} = 4$. Wird nun zwischen D und F noch eine Zweigleitung D A F mit dem Widerstande $W_{a'} = 1$ hergestellt, so hat der Strom über D nach F zwei Wege, indem er von D über A einerseits und von D über B andererseits nach F gelangen kann. Die Strecke D K F ist hiebei in beiden Fällen vom Strome durchflossen; der Widerstand dieses Stromkreistheiles beträgt dem Früheren zufolge 3, der Widerstand von D B F dagegen 2. Letzteren Stromkreistheil können wir durch eine Quecksilbersäule von 2 *m* Länge und 1 mm^2 Querschnitt ersetzt denken. D A F besitzt einen Widerstand von 1, der einer Queeksilbersäule von 1 *m* Länge und 1 mm^2 Querschnitt entspricht; man kann ihn auch durch eine Quecksilbersäule von 2 *m* Länge und 2 mm^2 Querschnitt ersetzt denken. Diese beiden Zweige des Schließungsbogens D A F und D B F lassen sich somit durch eine Quecksilbersäule von 2 *m* Länge und 3 mm^2 Querschnitt ersetzen, welche einem Widerstand von $^2/_3$ entspricht. Die Stromstärke der Kette K beträgt nunmehr $I' = \frac{20}{3 + \frac{2}{3}} = 5{\cdot}8$; sie erweist sich somit durch die Anbringung dieser Zweigleitung vergrößert.

Es frägt sich nun, welcher Antheil dieser vergrößerten Stromstärke auf die Zweige D A F und D B F entfällt. Dem Obigen zufolge muss die Summe der Stromstärken beider Zweige ebenfalls 5·8 betragen und sich auf dieselben im Verhältnisse ihrer Leitungsfähigkeit oder im umgekehrten Verhältnisse ihrer Widerstände vertheilen, so dass auf D A F $^2/_3$ der gesammten Stromstärke, nämlich 3·9, und auf D B F $^1/_3$, nämlich 1·9, entfallen.

Die Stromstärke des ganzen Stromkreises wurde demnach durch die Anbringung dieser Zweigleitung vergrößert, die Stromstärke des früheren Stromkreistheiles D B F hingegen durch Hinzutreten dieses neuen Zweiges verringert.

Eine solche Zweigleitung oder Nebenschließung, wie D A F, kann dazu benützt werden, die Stromesintensität in einem bestimmten Theile des Schließungsbogens, hier in D B F, beliebig zu reguliren. Ist der Widerstand dieser Nebenschließung D A F sehr klein, so wird durch D B F nahezu gar kein Strom fließen; ist hingegen der Widerstand von D A F sehr groß, so wird die Stromesintensität von D B F nahezu gar nicht beeinträchtigt. Will man beispielsweise im Kreise D B F die Stromstärke auf den zehnten Theil des ungetheilten Kreises verringern, so wird der Widerstand der Nebenschließung D A F 9mal kleiner sein müssen, als der Widerstand von D B F. Allgemein lautet dieser Satz: Soll die Stromesintensität eines Kreises n-mal kleiner werden, so muss der Widerstand im anderen Kreise (n—1) mal kleiner genommen werden.

Ein anderer Fall von Stromestheilung, der uns speciell interessirt, findet statt, wenn wir die metallischen Ableitungen der Stromesquelle bei Application des Stromes an die unverletzte Haut oder bei Ein-

schaltung eines kurzen Platinkörpers (in der Galvanokaustik) mit den Fingern berühren. Die Frage, die sich hiebei aufdrängt, ist erstlich, geht bei dieser Berührung ein Stromesantheil, der für das Object (menschlicher Körper oder Platindraht) bestimmt war, verloren, zweitens, wie groß ist dieser Verlust, beziehungsweise, welcher Stromantheil geht hiebei durch den Körper des Manipulirenden? Was den letzteren Fall anbelangt, so lässt sich derselbe aus den bisherigen Betrachtungen sofort erledigen. Der Widerstand des eingeschalteten Platindrahtes ist gegen den Widerstand des menschlichen Körpers verschwindend klein, es wird somit durch letzteren auch nur ein verschwindend kleiner Antheil der Stromesintensität gehen, so dass man die für den Platindraht bestimmte Stromstärke durch die Nebenschließung des menschlichen Körpers als unverringert ansehen kann.

Der erste Fall hingegen erheischt eine gesonderte Betrachtung. Es wären beispielsweise 40 Daniell-Elemente, jedes mit einer elektromotorischen Kraft $E = 12$ und einem inneren Widerstande $W_i = 1{\cdot}5$ zur Säule (ungleichnamig) verbunden. Die Stromstärke dieser Batterie bei Einschaltung eines kurzen, gut leitenden Drahtes wäre demnach $I = \frac{40 \times 12}{40 \times 1{\cdot}5 + W_a} = \frac{480}{60 + W_a}$ Schaltet man den menschlichen Körper, der einen durchschnittlichen Widerstand von 4000—6000 besitzt, ein, so kann man den inneren Widerstand in der Batterie von 60 dagegen vernachlässigen und erhält bei einem äußeren Widerstande $W_a = 4000$ eine Stromstärke $I = \frac{480}{4000} = 0{\cdot}12$. Wäre nun eine Zweigleitung mit einem Widerstande von 6000 angebracht (beispielsweise durch Berührung der metallischen Ableitungen der Batteriepole durch die trockene Hand des Operateurs), so wird dem Obigen zufolge die gesammte Stromstärke ansteigen und sich auf die beiden Kreise im umgekehrten Verhältnisse ihrer Widerstände vertheilen. Den ersten Zweig mit dem Widerstande von 4000 kann man ersetzt denken durch eine Quecksilbersäule von 1 *m* Länge und $^1/_{4000}$ mm^2 Querschnitt; der Widerstand des zweiten Zweiges lässt sich in gleicher Weise durch eine Quecksilbersäule von 1 *m* Länge und $^1/_{6000}$ mm^2 Querschnitt ersetzen. Statt beider Kreise kann man eine Quecksilbersäule von
1 *m* Länge und $\frac{1}{4000} + \frac{1}{6000} = \frac{1}{2400}$ mm^2 Querschnitt substituiren. Die Stromstärke I' beträgt nunmehr $\frac{480}{2400} = 0{\cdot}2$. Von dieser entfallen au den ersten Zweig des Stromkreises mit dem Widerstande von 4000 $^3/_5$, nämlich 0·12 und auf die Nebenschließung mit dem Widerstande von 6000 Einheiten $^2/_5$, nämlich 0·08 ($0{\cdot}12 + 0{\cdot}08 = 0{\cdot}2$). Somit erhält jede Zweigleitung einen Strom, als ob die andere gar nicht vorhanden wäre; denn $\frac{480}{4000} = 0{\cdot}12$ und $\frac{480}{6000} = 0{\cdot}08$.

Wird demnach zu einem Schließungsbogen mit sehr großem Widerstande eine Nebenschließung ebenfalls mit sehr großem oder noch größerem Widerstande hinzugefügt, so alterirt diese Nebenschließung die

Stromesintensität des ursprünglichen Leiterzweiges gar nicht, ja im Gegentheil, es erhält jeder Zweig eine Stromstärke, als wäre der andere Zweig gar nicht vorhanden. Der Operirende wird sich vor diesem Stromesantheil dadurch schützen, dass er die metallenen Ableitungen der Batterie nicht mit den Händen berührt, sondern diese an isolirenden Handgriffen aus Holz oder Hartgummi befestigt, andererseits aber könnten mit derselben Batterie zu gleicher Zeit mehrere Patienten behandelt werden. Dies ist beispielsweise im Londoner Nationalspital für Paralytische und Epileptische durchgeführt, wo eine große Batterie im Centrum des Gebäudes aufgestellt ist, woher Leitungsdrähte nach allen Krankensälen führen. Es ist jedoch zu erwägen, dass die bei Anbringung einer Zweigleitung vergrößerte Stromstärke stets einem größeren Zinkverbrauch in der Batterie entspricht. Es kann sich also bei einer derartigen mehrseitigen Benützung einer Batterie zu gleicher Zeit nur um Raumersparnis, eventuell um Erleichterung der Manipulation bei der Instandhaltung handeln, da eine Batterie aus einer bestimmten Zahl größerer Elemente leichter zu behandeln sein wird, als mehrere Batterien aus kleinen Elementen. An Material gewinnt man, wie leicht einzusehen ist, nichts.

Ein anderer Fall von Stromestheilung betrifft die sogenannte Wheatstone'sche oder Kirchhoff'sche Brücke, die zur Messung von elektromotorischen Kräften, Widerständen und Stromstärken benützt wird. Dieser Fall ist durch Fig. 6 veranschaulicht: Von der Stromesquelle K geht der ungetheilte Schließungsbogen bis A und B. An diesen Stellen sind die Zweige A C B und A D B eingeschaltet und überdies noch die Punkte C und D durch einen Bogen (die Brücke) miteinander leitend verbunden. Schaltet man zwischen C und D ein Galvanometer ein, so wird es, wofern die Theile m, n, o, p der beiden Zweige A C B und A D B nicht in einem ganz bestimmten Verhältnisse zueinander stehen, einen Strom anzeigen, weil von K aus der Strom beispielsweise über A sowohl auf dem Wege A C D B, als auch auf dem Wege A D C B nach K zurückkehren kann. Stehen aber die Widerstände der Theile m, n, o, p dieser beiden Zweige A C B und A D B in einem Verhältnisse zueinander, das sich durch die Proportion $m : n = o : p$ ausdrücken lässt, so wird das zwischen C und D eingeschaltete Galvanometer keinen Strom anzeigen, weil für diesen Fall durch die Brücke C D auf dem Wege A C D B und auf dem Wege A D C B gleiche Stromstärken gehen, die im Galvanometer auf die Magnetnadel in entgegengesetzter Richtung, aber mit gleicher Stärke ablenkend wirken, sich daher aufheben. Macht man schon ursprünglich $m = n$ und schaltet zwischen D und B variable abgemessene Widerstände (Rheostat) ein, bringt zwischen A und D einen auf seinen Widerstand zu untersuchenden Draht und variirt den abgemessenen Widerstand so lange, bis die Galvanometernadel auf 0 einspielt, so ist der zu be-

Fig. 6.

stimmende Widerstand durch die Anzahl der Einheiten des zwischen D und B eingeschalteten Widerstandes gegeben.

Allgemein lässt sich dieser Fall ausdrücken: Theilt sich der Strom in zwei Zweige, die durch eine Querleitung miteinander in Verbindung gesetzt sind, und ist in diesem Querbogen (Brücke genannt) kein Strom vorhanden, so verhalten sich die Widerstände der beiden Theile des einen Zweiges wie die Widerstände der beiden Theile des anderen Zweiges.

Andere wichtige Fälle der Stromestheilung ergeben sich, wenn nicht nur die Stromstärke der einzelnen Zweige, sondern auch ihre Stromdichte berücksichtigt wird.

Stromdichte heißt, wie bereits an anderem Orte angegeben wurde, die durch die Querschnittseinheit in der Zeiteinheit gehende Elektricitätsmenge und wird stets gefunden, wenn man die Stromstärke durch den jedesmaligen Querschnitt des Leiters dividirt, $D = \frac{J}{Q}$.

Ziehen wir abermals den ersten Fall in Erwägung, wo wir uns einen Schließungsbogen an einer Stelle in zwei Zweige gespalten dachten, und weiters die Supposition stellten, dass die Anzahl der auf jeden Zweig kommenden Stromesfäden im Verhältnisse des Querschnittes dieses Zweiges stehen. Hat der eine Zweig den Querschnitt 1 und der andere den Querschnitt 3, so verhalten sich ihre Stromstärken wie 1 : 3. Dividiren wir die Stromstärken (1 und 3) durch die Querschnitte der zugehörigen Zweige (1 und 3), so erhalten wir in beiden Fällen 1, es ist somit die Stromdichte in beiden Zweigen gleich. Hieraus ergibt sich der Satz: Haben zwei oder mehrere Zweige von gleichem specifischen Leitungsvermögen dieselbe Länge (aber verschiedene Querschnitte), so ist deren Stromdichte (bei verschiedener Stromstärke) gleich. Die größere Stromstärke kömmt hiebei auf den Zweig mit größerem Querschnitte, die kleinere Stromstärke auf den Zweig mit geringerem Querschnitte.

Schalten wir jedoch in Fig. 5 statt der beiden Zweige D A F und D B F gleich lange Stücke eines Platin- und eines Neusilberdrahtes von gleichem Querschnitte ein, so stehen, weil Neusilber einen doppelt so großen specifischen Widerstand hat als Platin, die Stromstärken beider Zweige in demselben Verhältnisse, wie früher, und zwar entfallen auf den Platindraht $^2/_3$ und auf den Neusilberdraht $^1/_3$ der Stromstärke des ungetheilten Leiterkreises. Dividiren wir jetzt, wie früher, die Stromstärken beider Kreise durch die Querschnitte (die hier gleich sind), so erhalten wir für Platin $^2/_3$ und für Neusilber $^1/_3$, somit sind jetzt die Dichten bei gleichem Verhältnisse der Stromstärken in beiden Zweigen wie vorher, nicht mehr gleich, sondern ist die Stromdichte im schlechter leitenden Zweige geringer als im besser leitenden. Ja selbst für den Fall, dass durch gleich lange Stücke von Neusilber- und Platindrähten gleiche Stromstärken fließen sollten, sind die Stromdichten in denselben nicht gleich; denn für diesen Fall müsste der Neusilberdraht jedenfalls den doppelten Querschnitt des Platindrahtes haben, damit bei gleicher Länge beider durch dieselben eine gleiche Stromstärke gehen könnte. Dividiren wir jetzt

die Stromstärken durch die Querschnitte, so finden wir die Stromdichte im Platin abermals doppelt so groß, als im Neusilber: *In beiden Fällen erweist sich somit die Stromdichte im Leiter von größerem Widerstande geringer als im Leiter von geringerem Widerstande.*

Nehmen wir das specifische Leitungsvermögen der Nerven und der Muskeln gleich an, und es fließt ein Strom in zwei gleich langen Zweigen einerseits durch einen dicken Muskel, andererseits durch einen dünnen Nerven, so ist *die Stromdichte in beiden Zweigen gleich*, nur wird *die Stromstärke* im dickeren Muskel größer sein, weil mehr Stromesfäden durch diesen als durch den Nerven gehen; fließt der Strom jedoch durch Nerv und Muskel hintereinander, sind beide nacheinander in den Schließungsbogen des Stromes eingeschaltet, (somit jeder von beiden ein Theil desselben Schließungsbogens,) so ist *die Stromstärke im Nerven und Muskel gleich* (weil die Stromesintensität an allen Stellen des Schließungsbogens gleich ist), aber *die Stromdichte wird im dünneren Nerven bedeutend größer sein als im dicken Muskel.*

In allen bisher betrachteten Fällen haben wir vorausgesetzt, dass der Strom durch Drähte oder annähernd prismatische Leiter gehe, in welchen Fällen die Stromfäden als parallel angenommen werden können. Wesentlich verschieden gestalten sich die Strombahnen, wenn der Strom durch Flächen oder durch Körper geleitet wird. Nehmen wir den einfacheren Fall, dass der Strom durch eine Fläche, beispielsweise (Fig. 7) durch eine dünne Kreisscheibe gehe. Sind die Poldrähte der Stromesquelle in den Punkten a und b aufgesetzt, so können wir uns zwischen a und b beliebig viele Stromfäden denken, die sowohl in der directen Verbindungslinie, zwischen a und b, als auch in Curven zwischen diesen beiden Punkten verlaufen. Je näher diese Stromfäden der directen Verbindungslinie zwischen a und b liegen, desto geringer ist der Widerstand, den sie zu überwinden haben, desto größer ist also auch ihre Stromstärke. Je weiter sie jedoch von dieser Verbindungslinie abweichen, desto länger sind ihre Wege, desto größer deshalb der Widerstand und desto geringer somit auch ihre Stromstärke.

Fig. 7.

Ist somit eine Fläche in einen Schließungsbogen eingeschaltet, so findet an der Eintrittsstelle des Stromes in dieselbe eine Stromverzweigung statt; die einzelnen Stromesfäden, in die sich der Strom hiebei auflöst, verlaufen über die ganze Fläche und hängen die Bahnen derselben in Bezug auf deren Gestalt und Länge von der Form und Größe der eingeschalteten Fläche ab.

Denken wir uns statt der Kreisscheibe eine Kugel in den Schließungsbogen einer Stromesquelle eingeschaltet, so wird auch

hier eine Stromverzweigung eintreten; die Stromfäden werden hiebei ebenfalls zwischen den Polen in allen Schichten durch die ganze Masse der Kugel verlaufen.

Desgleichen findet bei Einschaltung eines Theiles des menschlichen Körpers in den Stromkreis eine Stromestheilung statt und verlaufen allerdings die meisten Stromschleifen in der directen Verbindungslinie beider Ansatzstellen, wogegen die weiter abzweigenden Stromschleifen, die auf längeren Bahnen verlaufen, auch eine geringere Stromstärke besitzen. Haben die von diesen Stromschleifen durchflossenen Gebilde ein verschiedenes Leitungsvermögen, so wird auch die Stromdichte der einzelnen Stromschleifen verschieden sein. Jedenfalls werden die in der directen Verbindungslinie verlaufenden Stromfäden einander am meisten genähert und somit auch die Stromdichte in dieser Bahn am größten sein. Liegen die Ansatzstellen des Stromes weit auseinander, so ist die Stromdichte nur an den Ansatzstellen selbst groß und nimmt mit der Entfernung von diesen rasch ab.

Die Stromvertheilung findet hiebei nach denselben Gesetzen statt, die wir bei der Stromverzweigung kennen gelernt haben. Liegen unter den Ansatzstellen der Elektroden erregbare Gebilde oder befinden sich solche in der directen Verbindungslinie zwischen den Ein- und Austrittsstellen der Stromfäden oder in der nächsten Nähe derselben, so dass sie noch von wirksamen Stromschleifen getroffen werden können, so werden dieselben elektrisch erregt. Hierauf beruht die Localisation der Einwirkung der Elektricität auf bestimmte Punkte (Points d'élection Duchenne; motorische Punkte Remak), indem man über diese die eine und in der Nähe die andere Elektrode aufsetzt, wobei die wirksamsten Stromfäden die erregbaren Punkte treffen. Näheres hierüber in der zweiten Abtheilung.

Für alle Fälle, die sich bei der Stromtheilung und Stromverzweigung ergeben, hat Kirchhoff (1849)[1]) die zwei folgenden, durch höhere mathematische Behandlung gefundenen allgemeinen Gesetze aufgestellt:

1. Die algebraische Summe aller nach einer Kreuzungsstelle (Knotenpunkt) gehenden und von dort kommenden Ströme ist gleich 0 ($\Sigma I = 0$) und

2. In jedem geschlossenen Stromkreise, welchen die Stromverzweigungen bilden, ist die Summe der elektromotorischen Kräfte gleich der Summe der Producte aus den Stromstärken und den Widerständen der einzelnen Stromzweige mit den entsprechenden Vorzeichen genommen ($\Sigma E = \Sigma I W$).

Das erste Gesetz sagt aus, dass, wenn in einem Punkte von der einen Seite mehrere Stromzweige zusammentreffen und nach der anderen Seite wieder abgehen, die Summe der ankommenden Elektricität gleich sein muss der Summe der abgehenden, weil ansonst im Knotenpunkte eine Anhäufung von Elektricität stattfinden müsste. Ist dies nicht der Fall, so muss man die von der einen Seite kommenden Ströme mit + Vorzeichen und die abgehenden mit — Vorzeichen algebraisch summiren, woraus sich die Formel $\Sigma I = 0$ ergibt.

Das zweite Gesetz ist nur eine Verallgemeinerung des Ohm'schen Gesetzes $I = \frac{E}{W}$ woraus $I W = E$ sich ergibt. Denken wir uns die einzelnen Factoren dieses Ausdruckes selbst aus Theilen bestehend, so erhalten

[1]) Pogg., Ann., Bd. 64, pag. 497 ff.

wir den Ausdruck $\Sigma I W = \Sigma E$. Alle im Vorhergehenden, aus elementaren Beispielen abgeleiteten Gesetze für specielle Fälle lassen sich mit Hilfe dieser zwei Kirchhoff'schen Gesetze algebraisch beweisen.

Künstlicher Widerstand. Rheostat.

Bei Besprechung des Ohm'schen Gesetzes wurde die Stromstärke, die elektromotorische Kraft und der Widerstand numerisch miteinander verglichen. Um eine Größe jedoch mit analogen Größen vergleichen zu können, sind zunächst Maßeinheiten nöthig, auf Grund deren erst gleichartige Größen miteinander verglichen, oder auch direct gemessen werden können. Derartige Maßeinheiten wurden nach verschiedenen Principien aufgestellt. Früher standen gewisse willkürliche Maßeinheiten im Gebrauche, dermalen sind fast ausschließlich sogenannte absolute Maßeinheiten allgemein verbreitet, die zu jeder Zeit auch ohne Zugrundelegung eines Normaletalons hergestellt werden können.

Der Widerstandseinheit wurde bereits bei Gelegenheit der Besprechung des specifischen Widerstandes gedacht. Die erste Widerstandseinheit wurde von Jacobi 1848 aufgestellt. Sie ist eine willkürliche und war ursprünglich durch den Widerstand eines Kupferdrahtes von 1 *m* Länge und 1 *mm*² Querschnitt definirt. Weil aber schon eine ganz geringe Verunreinigung des Kupfers bedeutende Unterschiede im Widerstande verursacht, hat Jacobi in der Folge einen Normaletalon für seine Widerstandseinheit hergestellt und denselben an verschiedene Physiker verschickt, auf dass sich dieselben empirisch Copien hievon herstellen sollten. Allein schon nach einiger Zeit differirten die Widerstände der Originaleinheiten (Normaletalons) und der Copien, weil durch deren Benützung moleculare Veränderungen in der Structur der Kupferdrähte eintraten, die den Widerstand derselben alterirten.

Um diesen Übelständen zu begegnen, hat Werner Siemens 1849 das Quecksilber, welches überall leicht in entsprechender Reinheit erhalten werden und dem man leicht die entsprechenden Dimensionen ertheilen kann, als Materiale zur Herstellung einer Widerstandseinheit gewählt und seine Quecksilbereinheit (S. E.) durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 *m* Länge und 1 *mm*² Querschnitt definirt. Diese Einheit ist die in Deutschland und Oesterreich zumeist verbreitete.

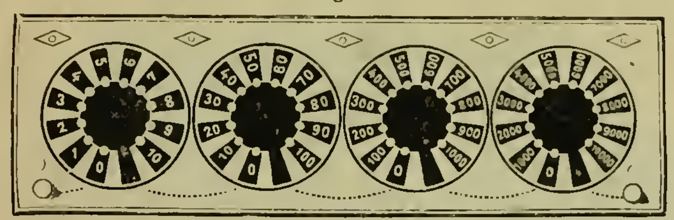
Diesen willkürlichen Einheiten gegenüber hat zuerst die British Association nach den Angaben von Weber eine sogenannte absolute Einheit aufgestellt, die den Namen Ohm erhielt. Der internationale Congress der Elektriker zu Paris hat im Herbste 1881 diese Einheit acceptirt, ihre Größe jedoch rectificirt. 1 Ohm ist nach den neuerlichen Beschlüssen des internationalen Congresses der Elektriker in Paris vom Jahre 1884 definirt durch eine Quecksilbersäule von 106 *cm* Länge und einem Querschnitt von 1 *mm*². 1 Ohm repräsentirt somit 1·06 S. E. (demnach 1 S. E. = 0·9434 Ohm).

Aus derlei Widerstandseinheiten werden Widerstandssätze zusammengestellt, die bei Messungen die leichte und bequeme Einschaltung

eines variablen Widerstandes ermöglichen. Derlei Apparate mit abgemessenen Widerständen werden Rheostate genannt.

Der erste Rheostat wurde von Jacobi (1841) angegeben; er besteht aus einer drehbaren Walze aus Holz, Marmor oder Serpentin, die an ihrer Peripherie einen schwach eingeschnittenen Schraubengang besitzt, in welchen ein Neusilberdraht eingelagert wird. Das eine Ende dieses Neusilberdrahtes ist isolirt an der Walze befestigt, das andere Ende mit der metallenen Achse verbunden, mit deren metallenem Lager eine Klemmschraube in Contact steht. Neben der Walze ist, parallel mit derselben, ein Messingstab angebracht, auf welchem eine kleine Rolle hin und her verschiebbar ist. Die Rolle umgreift mit ihrem gekehlten Rande den Neusilberdraht und vermittelt auf diese Weise den metallischen Contact zwischen einem beliebigen Stücke desselben und dem Messingstabe, auf welchem die Rolle durch Drehung der Walze hin und her geschoben werden kann, und weiters mit einer Klemme, die mit diesem Messingstabe in metallischer Verbindung steht. Die Zahl der eingeschalteten Windungen kann an einer Theilung an dem Messingstabe und Bruchtheile einer Windung an einer Theilung an der Stirnseite der Walze, die bei ihrer Drehung an einem Zeiger oder Nonius vorbeigeführt wird, abgelesen werden.

Fig. 8.



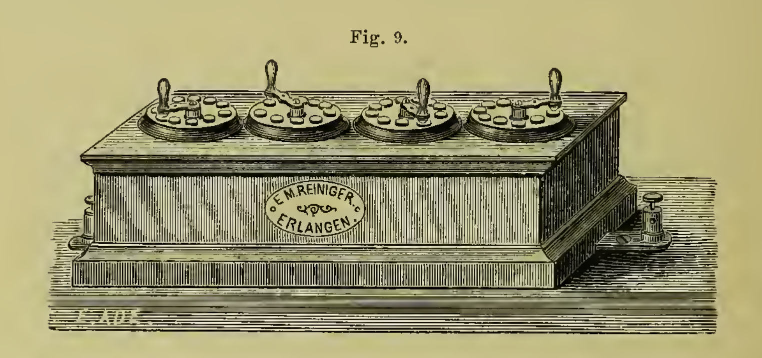
Dieser Jacobi'sche Widerstandsmesser gestattet erstlich nur die Bestimmung verhältnismäßig sehr kleiner Widerstände und andererseits sind die mit diesem Apparate ausgeführten Messungen nie ganz genau, weil durch den nie völlig sicheren Contact der Rolle mit dem Neusilberdrahte einerseits und mit der Messingsäule, auf welcher diese Rolle verschoben wird, andererseits Unrichtigkeiten bedingt werden.

Wohl wurde dieser Apparat in der Folge selbst zu genauen Messungen kleiner Widerstände eingerichtet und hat Poggendorff zu gleichem Zwecke 1841 sein Rheochord angegeben, das vielfach, u. A. von Dubois-Reymond, modificirt wurde und in der Physiologie in Verwendung steht, jedoch reichen alle diese Widerstandsmesser für therapeutische Zwecke nicht aus, da hiebei bedeutend größere Widerstandssätze nöthig sind.

In der Elektrotherapie stehen sogenannte Widerstandskästen, wie sie zuerst von Siemens hergestellt wurden, in Gebrauch. Diese Rheostate bestehen aus abgemessenen Längen wohl isolirter Neusilberdrähte, die auf Holzspulen gewickelt sind. Die beiden Enden dieser Drähte sind an je zwei benachbarte Metallklötzchen, die auf der Oberseite eines Kästchens angeordnet sind, festgeschraubt, die durch Metallstöpsel in leitende Verbindung gesetzt werden können. Fig. 8 stellt die Deckplatte eines derartigen Siemens'schen Stöpselrheostates dar. In vier Kreisen stehen die Metallklötzchen um massive Metallscheiben

angeordnet; die centrale Scheibe und die peripheren Metallklötzchen haben halbkreisförmige Ausschnitte, die nach unten conisch verlaufende Löcher bilden, in welche conische Metallstöpsel fest eingesteckt werden können. Der erste Kreis links enthält die Einer, der nächstfolgende die Zehner, der nächste die Hunderter und der äußerste rechts die Tausender der Widerstandseinheiten. Im Innern des Widerstandskastens sind Neusilberdrahtspulen im Kreise gestellt, deren Drahtenden stets mit je zwei benachbarten Metallklötzchen verbunden sind. Werden die Poldrähte mit den beiden in den unteren Ecken dieses Tableaux markirten Klemmschrauben verbunden und alle Stöpsel eingesteckt, so geht der Strom, wie durch die Punktlinien angedeutet, durch die massiven Metallklötzchen und Metallscheiben, deren Widerstand nahezu gleich Null ist. Wird ein beliebiger Stöpsel nun herausgezogen, so muss der Strom durch die nunmehr eingeschaltete Neusilberdrahtspule gehen, um von dem hiedurch auf der Platte isolirten Metallklötzchen zur centralen Scheibe und von hier weiter zu gelangen. Auf diese Weise kann man durch das Herausziehen der Stöpsel beliebig große Widerstände einschalten.

Fig. 9.



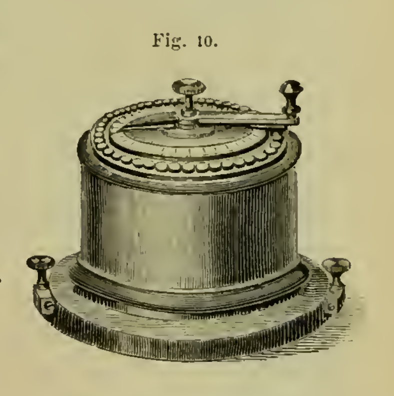
Dieser Stöpselrheostat wurde zuerst von Brenner in die Elektrotherapie eingeführt; obgleich er indes zu genaueren Widerstandsmessungen das zweckentsprechendste Instrument ist, eignet er sich in dieser Ausführung doch für medicinische Verwertung aus dem Grunde weniger, weil durch das Herausziehen des Stöpsels eine plötzliche Unterbrechung stattfindet und in der Therapie häufig nur allmähliches An- oder Abschwellen von Stromstärken und keine plötzlichen Stromesunterbrechungen zulässig sind.

Aus diesem Grunde werden die zu Heilzwecken bestimmten Rheostate vortheilhafter derart eingerichtet, dass statt der centralen Scheiben massive Metallachsen für Metallkurbeln und statt der peripheren Metallklötzchen massive metallene Schleifcontacte auf der Oberseite des Widerstandskastens angebracht werden, wie Fig. 9 zeigt. Ein Schleifcontact ist in jedem Kreise mit Null bezeichnet und auf die vier Kreise sind, wie in der vorigen Figur die Einer, beziehungsweise die Zehner, Hunderter und Tausender, vertheilt. Zu beiden Seiten des Widerstandskastens befinden sich Polklemmen, von denen die eine mit dem Nullcontacte des ersten und die zweite mit der Kurbelachse des letzten Kreises durch kurze dicke Kupferdrähte verbunden sind. Die Metall-

achse des ersten Kreises steht ferner ebenfalls durch einen kurzen, dicken Kupferdraht mit dem Nullcontacte des zweiten Kreises, die Metallachse dieses auf gleiche Weise mit dem Nullcontacte des dritten und die Metallachse dieses wieder auf dieselbe Art mit dem Nullcontacte des vierten Kreises in Verbindung. Ist dieser Apparat in den Schließungsbogen einer Stromesquelle eingeschaltet, und stehen in jedem Kreise die Metallkurbeln auf Null, so geht der Strom durch die kurzen dicken kupfernen Verbindungsdrähte und die massiven Metallkurbeln auf kürzestem Wege von einer Polklemme zur andern. Wird jedoch beispielsweise im Einerkreise die Kurbel von 0 auf 1 gedreht, so muss der Strom die zwischen 0 und 1 eingeschaltete Widerstandsspule passiren. In der Weise können, wenn die Kurbel im ersten Kreise ganz umgedreht wird, 10 Widerstandseinheiten in den Schließungsbogen eingeschaltet werden. Auf dieselbe Art werden durch die zweite Kurbel die Zehner bis 100, durch die dritte die Hunderter bis 1000 und durch die vierte die Tausender nacheinander eingeschaltet. Die Schleifcontacte stehen sehr nahe aneinander und die Metallkurbel berührt beim Übergange von einem Schleifcontacte auf den nächsten zu gleicher Zeit beide, so dass keine plötzliche Unterbrechung mit dem einen stattfindet, ehe die metallische Verbindung mit dem nächsten hergestellt wurde.

E. M. Reiniger in Erlangen und Mayer und Wolf in Wien stellen derartige Rheostate in Dosenform dar. Die abgemessenen Neusilberdrähte werden hiebei auf eine Spule gewickelt und das Ende des einen und der Anfang des nachfolgenden Drahtes mit je einem der im Kreise stehenden Schleifcontacte verbunden. Von den beiden an der Basis der (diese Spule bergenden) Dose befindlichen Polklemmen steht die eine mit der Achse der Kurbel, die zweite mit dem Nullcontacte in Verbindung. Der in Fig. 10 dargestellte Dosenrheostat von Mayer und Wolf enthält 1225 S. E. und steigt von 25 zu 25 Einheiten an. Die 50 massiven Schleifcontacte stehen im Kreise auf einer dicken Hartgummischeibe, in deren Centrum die Achse für die Kurbel durchgeht. Letztere besitzt über das Centrum der Scheibe hin eine Verlängerung, die den Zeiger bildet, der an einer versilberten Kreistheilung, die bei Drehung der Kurbel eingeschalteten Widerstände anzeigt. Dieser Rheostat ist 10 *cm* hoch und hat einen Durchmesser von 14 *cm*.

Fig. 10.

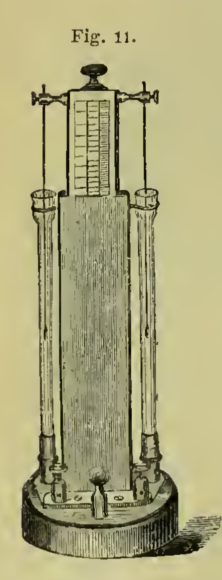


Die hiezu verwendeten Neusilberdrähte sind doppelt mit Seide übersponnen und dieser Überzug noch außerdem mit Paraffin getränkt, um die Feuchtigkeit möglichst hintanzuhalten; jeder aufzuwickelnde Draht wird zunächst mit den freien Enden zusammengelegt, in der Mitte zusammengebogen und von dieser Stelle an gleich doppelt gewickelt (um Inductionswirkungen der einzelnen Windungen aufeinander und Fernwirkungen auf die Magnetnadel zu verhindern). Für niedrige Widerstände wird dickerer Draht, für höhere hingegen dünnerer Draht im ganzen in vier verschiedenen Dimensionen des Querschnittes benützt.

Die Aichung geschieht entweder nach S. E. oder nach Ohms; übrigens lässt sich das eine Maßsystem leicht in das andere übertragen. Die Bestimmung der für jede Spule gehörigen Drahtlänge wird beispielsweise nach einer der angegebenen Methoden vorgenommen. Man bestimmt zunächst den Widerstand einer abgemessenen Drahtlänge mit der Wheatstone'schen Brücke oder nach der Substitutionsmethode, indem man vorerst den Draht, dessen Widerstand gemessen werden soll, in den Schließungsbogen einschaltet und an einer, in demselben Bogen befindlichen Tangentenboussole die Ablenkung der Magnetnadel beobachtet, sodann an Stelle dieses Drahtes so lange abgemessene (Rheostat-) Widerstände einschaltet, bis die gleiche Nadelablenkung eintritt, wo dann die Anzahl der benützten Widerstandseinheiten den Widerstand des Drahtes anzeigen. Hat man auf diese Weise den Widerstand einer bestimmten Drahtlänge gemessen, so kann man annähernd die für einen bestimmten gewünschten Widerstand gehörigen Drahtlängen berechnen. Die so gefundenen Drahtlängen werden zunächst sicherheitshalber etwas größer genommen und bei abermaliger Benützung der Wheatstone'schen Brücke (bei Einschaltung des bestimmten Rheostat-Widerstandes auf der einen und des Drahtes auf der anderen Seite des Galvanometers) so lange verkürzt, bis die Galvanometernadel auf Null einspielt. Der Widerstand wird entweder für 0° C. oder für einen anderen Temperaturgrad bestimmt und müssen bei genauen wissenschaftlichen Arbeiten die gefundenen Werte stets der jeweiligen Temperatur entsprechend reducirt werden.

Eine andere Art ebenfalls häufig in der Heilkunde verwendeter Rheostate bilden die sogenannten Flüssigkeitsrheostate, Fig. 11. Auf einem Holzstative befinden sich zwei kurze Messingrohrstücke, in die Glasröhrchen eingekittet sind; die Glasröhrchen sind unten mittels kurzer massiver Cylinder aus wohl amalgamirtem Zink verschlossen, welche mit je einer Polklemme durch Metallplättchen in leitende Verbindung gesetzt sind. Diese Polklemmen stehen nach vorn mit dicken Messingklötzchen in Verbindung, die an ihren zugekehrten Enden halbkreisförmige Ausschnitte zur Herstellung eines kurzen Schlusses mittels eines Metallstöpsels besitzen. In die mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllten Glasröhrchen ragen wohl amalgamirte Zinkknöpfe an langen Stäben, die oben durch ein metallenes Querstück miteinander in leitende Verbindung gesetzt sind. Dieses Querstück ist an einer Scala befestigt, die in einem Gestelle verschoben und in beliebiger Höhe festgestellt werden kann.

Fig. 11.



Werden die Poldrähte einer Batterie mit den beiden Polklemmen verbunden und der den kurzen Schluss zwischen diesen herstellende Metallstöpsel herausgezogen, so tritt der Strom durch die eine Polklemme in die Zinkvitriollösung des betreffenden Glasröhrchens, gelangt sodann durch den Zinkknopf, das quere Verbindungsstück und den zweiten Zinkknopf in das andere Gefäß und kehrt durch die zweite Flüssigkeitssäule und die zweite Polklemme zur Stromesquelle zurück. Je nachdem die Zinkknöpfe den die Glasröhrchen unten verschließenden Zinkstücken genähert oder von diesen entfernt werden, hat der Strom

eine kürzere oder längere Flüssigkeitssäule zu passiren und erscheint dementsprechend ein geringerer oder größerer Widerstand eingeschaltet. Dem bereits Erwähnten zufolge findet bei dieser Zusammenstellung (wohl amalgamirte Zinkstücke und concentrirte Zinkvitriollösung) keine Polarisation statt und kann daher auch der Widerstand dieser Flüssigkeitssäulen geradeso wie der Widerstand jedes Leiters erster Classe bestimmt werden.

Betreffs dieser Flüssigkeitsrheostate ist vorerst zu bemerken, dass sie einen viele tausendmale größeren Widerstand besitzen als Metallrheostate, und aus diesem Grunde nicht wie jene in einer Nebenschließung verwendet, sondern direct in die Hauptschließung eingeschaltet werden müssen; andererseits ist ihr Widerstand nicht constant und ändert sich wegen der Verdunstung der Flüssigkeit beständig. Es können daher die Flüssigkeitsrheostate nicht zu Messungen oder exacten Beobachtungen herangezogen werden, sondern dienen dieselben vielmehr nur für bestimmte Fälle der Praxis, wo es auf eine genaue Bestimmung des eingeschalteten Widerstandes nicht ankömmt.

Elektrische Messmethoden und Maßeinheiten.

Elektromotorische Kräfte, Stromstärken, Widerstände u. s. w. werden entweder direct gemessen, indem man sie mit bekannten Größen gleicher Art (elektromotorische Kräfte mit elektromotorischen Kräften, Stromstärken mit Stromstärken, Widerstände mit Widerständen) vergleicht, oder indirect, indem man eine dieser elektrischen Größen nach ihren Wirkungen oder Leistungen beurtheilt und sie aus bekannten Verhältnissen genau bestimmt (so z. B. bei bekannter elektromotorischer Kraft und bekannten Widerständen nach dem Ohm'schen Gesetze die Stromstärke berechnet). Hiebei kommen verschiedentliche Methoden in Anwendung.

Nach dem Ohm'schen Gesetze hängt die Stromstärke von der elektromotorischen Kraft, dem inneren und äußeren Widerstande ab; diesem letzteren, der variabel ist, werden der wesentliche (innere) Widerstand der Kette und die elektromotorische Kraft derselben als Constante des Elementes gegenüber gestellt.

Die elektromotorische Kraft kann bestimmt werden durch directe Messung der elektrischen Spannung an den Polen einer offenen Kette mittels eines entsprechend eingerichteten Elektrometers.

Eine andere Methode der Bestimmung der Größe der elektromotorischen Kraft ist die 1830 von Ohm angegebene. Nach dieser Methode wird in den Stromkreis einer Kette ein Galvanometer nebst einem Rheostat eingeschaltet. Ist der Rheostat auf 0 gestellt, so zeigt das Galvanometer entweder direct die Stromstärke des Elementes an, (wenn es nach absoluten Einheiten empirisch geaicht ist.) oder es lässt sich aus der Nadelablenkung (beispielsweise einer Tangentenboussole) die Stromstärke in einem willkürlichen oder absoluten magnetischen oder chemischen Maße berechnen. Diese Stromstärke sei I; nach dem Ohm'schen Gesetze ist $I = \frac{E}{W}$ somit $E = I\,W$. Schaltet man nun im

Rheostat einen bestimmten Widerstand W′ ein, so wird die Stromstärke hiedurch verringert. Durch directe Ablesung am Galvanometer oder durch Berechnung findet man nunmehr eine Stromstärke $I' = \frac{E}{W + W'}$ woraus $E = I' (W + W')$. Aus diesen zwei Gleichungen lässt sich sowohl die elektromotorische Kraft als auch der innere Widerstand des Elementes bestimmen; die erstere $E = \frac{I I' W'}{I - I'}$; der wesentliche Widerstand der Kette $W = \frac{I' W'}{I - I'}$. Diese Bestimmungen gelten indes nur für constante Elemente, deren elektromotorische Kraft sich zwischen den beiden Ablesungen nicht ändert.

Hat man (beispielsweise auf die angegebene Art) die elektromotorische Kraft irgend eines constanten Elementes bestimmt, so kann man die elektromotorische Kraft jedes anderen Elementes durch Vergleichung mit diesem finden. Hiezu genügt schon ein einfaches Galvanoskop und ein Rheostat. Zunächst bildet man aus dem constanten Elemente, dem Galvanoskop und dem Rheostat einen Stromkreis und schaltet so viele Widerstände im Rheostate ein, dass man einen bestimmten Nadelausschlag (beispielsweise 45°) erhält. Sodann stellt man aus dem anderen Elemente, dem Galvanoskop und dem Rheostate einen Stromkreis her und schaltet ebenfalls so lange Widerstände ein, bis der frühere Nadelausschlag am Galvanoskop eintritt. Nennt man die elektromotorische Kraft des ersten Elementes E, die des zweiten E′ und den Gesammtwiderstand (innerer Widerstand des Elementes, Rheostat- und Galvanometerwiderstand) im ersten Falle W, im zweiten W′, so verhält sich $E : E' = W : W'$. Sind die inneren Widerstände beider Elemente bestimmt und der Widerstand des Galvanoskops bekannt, so kann entweder die elektromotorische Kraft des einen Elementes als Einheit angenommen werden — willkürliche Einheit [1] — und die elektromotorische Kraft des zweiten Elementes E′ aus obiger Proportion direct berechnet werden, $E' = \frac{E W'}{W}$, oder aber man bestimmt die elektromotorische Kraft des constanten Elementes vorher nach einem bestimmten gegebenen Maße und berechnet sodann aus $\frac{E}{E'} = \frac{W}{W'}$ den Wert von E′ in demselben oder einem beliebigen anderen Maße.

Außer diesen nur beispielsweise angeführten Methoden zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft sind noch zu erwähnen: Fechner's Vergleichungsmethode, die Compensationsmethoden nach Poggendorff, Bosscha, Dubois-Reymond, sodann die Methoden von Wiedemann, Wheatstone, Lacoine, Clark, Law u. s. w.

Die Bestimmung des wesentlichen Widerstandes geschieht entweder nach der besprochenen Ohm'schen Methode, wie bereits angegeben, wobei $W = \frac{I' W'}{I - I'}$ ist, oder aber man verbindet zwei gleiche

---

[1] So wurde z. B. die elektromotorische Kraft des Daniell-Elementes als Einheit angenommen.

Elemente entgegengesetzt, z. B. zwei Zink-Kupferelemente, in der Weise, dass man entweder die Zink- oder die Kupferplatten beider Elemente metallisch miteinander vereinigt, und schaltet diese Combination (die in dieser Anordnung keinen Strom gibt) an Stelle des zu messenden Widerstandes in die Wheatstone'sche Brücke ein und bestimmt mit Hilfe derselben den inneren Widerstand dieser beiden Elemente.

Übrigens gibt es auch hiefür noch verschiedene andere Methoden: eine dieser ist beispielsweise die folgende: man stelle einen Stromkreis aus einem Elemente, dessen wesentlicher Widerstand bestimmt werden soll, einem Galvanometer (mit dem Widerstande G) und einem Rheostate her, schalte sodann im Rheostat einen entsprechenden Widerstand W ein und lese die Stromstärke I entweder direct am Galvanometer ab oder man berechne dieselbe; hernach vermindere man den Rheostatwiderstand so lange, bis das Galvanometer die doppelte Stromstärke, also 2 I, anzeigt. Der neue Widerstand sei W'; in diesem Falle ist der wesentliche Widerstand des Elementes $X = W - (2 W' + G)$.

Außer diesen Methoden zur Bestimmung des wesentlichen Widerstandes einer Kette wären u. a. noch anzuführen die Methoden von W. Thomson, Latimer Clark, Mance, Siemens, Munro etc.

Hat man auf diese Weise die Constanten eines Elementes gemessen, so berechnet man die **Stromstärke** einer Kette nach dem Ohm'schen Gesetze $\left(I = \frac{E}{W}\right)$ oder man verfährt in der bereits früher angegebenen Weise, indem man zur Messung der Stromstärke die magnetischen oder chemischen Wirkungen des Stromes heranzieht. Die magnetische Strommessung beruht bekanntlich darauf, dass die Stromstärken den Tangenten der Ablenkungswinkel einer Tangentenboussole oder den Sinus der Ablenkungswinkel einer Sinusboussole entsprechen Die Bestimmung der Stromstärke nach chemischem Maße basirt, wie bereits besprochen, auf dem Faraday'schen Gesetze, demzufolge die durch verschiedene Ströme in derselben Zeit zersetzten Mengen eines Elektrolytes den Stromesintensitäten proportional und die Zersetzungsproducte verschiedener Substanzen durch denselben Strom einander chemisch äquivalent sind.

Der Bestimmung des **Widerstandes** eines der Elektrolyse nicht unterliegenden Körpers wurde bereits gedacht; unter den Methoden der Bestimmung des Widerstandes einer Flüssigkeit, trotz der hiebei stattfindenden Polarisation, sei u. a. die Horsford'sche Methode [1]) erwähnt: In den Schließungsbogen einer Batterie wird nebst einem entsprechenden Galvanometer und einem Rheostat die Flüssigkeit, deren Widerstand zu messen ist, in einer parallelopipedischen Wanne, deren eine Längsseite eine Millimetertheilung besitzt, eingeschaltet. In diese Wanne tauchen (als Elektroden) zwei Platinblech-Platten, die den Querschnitt derselben völlig ausfüllen und mit den Poldrähten in Verbindung sind. Man schaltet nun am Rheostat einen großen Widerstand ein, stellt die Platinelektroden in der Flüssigkeit in eine bestimmte, genau notirte, mittlere Entfernung auf und beobachtet den Nadelausschlag am Galvanometer. Die berechenbare Stromstärke setzt sich aus der elektromotorischen Kraft der Batterie minus der in der Flüssigkeit entstandenen elektromotorischen Gegenkraft des Polarisationsstromes,

---

[1]) Dr. Urbanitzky: Die Elektricität im Dienste der Menschheit, pag. 213.

dividirt durch die Summe der gesammten Widerstände (im Elemente, im Rheostat und in der eingeschalteten Flüssigkeit), zusammen. Nun rückt man in der Glaswanne die beiden Platinelektroden um ein bestimmtes Stück voneinander (und notirt ebenfalls genau die Stellung derselben). Hiedurch wird ein größerer Widerstand in der Flüssigkeit eingeschaltet und dementsprechend auch ein Zurückgehen der Galvanometernadel erfolgen. Nun schalte man am Rheostat so lange Widerstände aus, bis das Galvanometer dieselbe Stromstärke anzeigt, wie vor dem Auseinanderrücken der Platinelektroden. Die nun ausgeschalteten Widerstände entsprechen dem Widerstande der beim zweiten Versuche eingeschalteten Flüssigkeitssäule, da die Stromstärke des Elementes (das als constant vorausgesetzt wird) und der innere Widerstand desselben in beiden Fällen unverändert blieben und die elektromotorische Gegenkraft des Polarisationsstromes dadurch unschädlich gemacht wurde, dass man ihre Intensität auf denselben Grad brachte wie beim ersten Versuche.

Was die **elektrischen Maßeinheiten** anbelangt, so unterscheidet man im allgemeinen die willkürlichen und die nach mechanischen Principien hergestellten, sogenannten absoluten.

Von den Widerstandseinheiten war bereits im vorigen Capitel die Rede.

Für die elektromotorische Kraft wurde die elektromotorische Kraft eines Daniell-Elementes als Einheit aufgestellt; die entsprechende Stromstärkeeinheit war gegeben durch die elektromotorische Kraft eines Daniell-Elementes bei dem Widerstande einer S. E.; diese Stromstärkeeinheit hieß gemeiniglich Weber[1] $= \left(1 \text{ Weber} = \frac{1 \text{ Daniell}}{1 \text{ S. E.}}\right)$.

Sie scheidet in einem Gewichtsvoltameter in einer Stunde 1·38 *g* Kupfer nieder.

Gaugain hat als Maßeinheit für die elektromotorische Kraft die eines Thermoelementes (Wismuth-Kupfer) angegeben, dessen Löthstellen auf 0°, beziehungsweise auf 100° C., erhalten werden; das Symbol dieser Einheit ist $\frac{\text{Bi}-\text{Cu}}{0^{\circ}-100^{\circ}}$. Sie kam nahezu $\frac{1}{197}$ Daniell gleich und ist dermalen gänzlich verlassen.

Als chemische Stromstärkeeinheit wurde nach Jacobi jene Stromesintensität angenommen, welche in einer Minute bei einem Barometerstande von 760 *mm* und 0° C. 1 cm^3 Knallgas liefert. Man schließt den Strom, in dessen Kreis ein Volumvoltameter eingeschaltet wurde und reducirt das nach einer Minute entwickelte Gasvolum auf 0° C. und 760 *mm* Barometerstand.

Statt der Volumvoltameter verwendet man auch Gewichtsvoltameter, mittels deren man das Gewicht des zersetzten Wassers durch eine Wägung vor und nach dem Versuche bestimmt. 1 cm^3 Knallgas entspricht 0·5360 *mg* Wasser (bei 0° C. und 760 *mm* Barometerstand).

Im Kupfer- und Silbervoltameter wird die Stromstärke durch Bestimmung der Gewichtszunahme der negativen Elektrode angegeben

---

[1]) Eigentlich ist die Weber'sche Stromstärkeeinheit im absoluten Maße durch die Dimension 1 Weber $= 1\, mg^{1/2}\, mm^{1/2}\, sec^{1}$ definirt, und sollte die oben angegebene und im Verkehre als Webereinheit angenommene Stromstärkeeinheit genau als $\frac{\text{Daniell}}{\text{Siemens}}$-Einheit bezeichnet werden.

und gilt hiebei entweder jene Stromesintensität als Einheit, die in der Minute 1 *mg* Kupfer oder 1 *mg* Silber abscheidet.

Die atomistische Stromstärkeeinheit war definirt durch jene Stromesintensität, welche im Volumvoltameter während 24 Stunden (oder 86.400 Sec.) 1 *g* Wasserstoff entwickelt.

Ohne weiters auf die willkürlichen Einheiten einzugehen, sei gleich erwähnt, dass durch den internationalen Congress der Elektriker zu Paris im Herbste des Jahres 1881 die auf Principien der Mechanik basirten, sogenannten absoluten Maßeinheiten eingeführt worden sind, die sich bereits allgemein eingebürgert haben. Die absolute Einheit der elektromotorischen Kraft heißt Volt, die des Widerstandes Ohm und die der Stromstärke Ampère. Zwischen diesen Einheiten findet die Relation statt, dass $1 \text{ Ampère} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}$. Das Verhältnis dieser Einheiten zu den in früheren Zeiten üblich gewesenen, willkürlichen lautet dahin, dass 1 Volt ungefähr $^8/_9$ Daniell gleich ist; 1 Ohm = 1·061 S.E. (demnach 1 S. E. = 0·944 Ohm), 1 Ampère entspricht 10·32 Jacobischen, 0·862 Weber'schen und 0·90009 atomistischen Stromstärkeeinheiten.

1 Ampère erzeugt in 1 Sec. 0·172 cm^3 Knallgas (bei 0° C. und 760 *mm* Luftdruck). Das Gewicht des hiebei zersetzten Wassers beträgt 92 Mikrogramm (1 Mikrogramm = 0·000001 *g*).[1]

Das Gewicht des entwickelten Wasserstoffes beträgt 10·4 Mikrg. und das Gewicht des erzeugten Sauerstoffes 81·6 Mikrg. Des fernern schlägt 1 Ampère in der Sec. 1·1183 *mg* Silber oder 1·3821 *mg* Kupfer nieder.[2]

Im Obigen wurde der Unterschied zwischen directen und indirecten elektrischen Messungen aufgestellt und definirt; dieser Unterschied hat nur in der angedeuteten Richtung Geltung, weil im Grunde eigentlich alle elektrischen Messungen indirecte sind, da wir sie nicht, wie z. B. bei Bestimmung von Längen durch directes Messen, an einem bestimmten gegebenen Maßstabe ausführen können.

Die Maßeinheiten sind entweder willkürliche oder aus geometrischen, kinematischen oder physikalischen Beziehungen abgeleitete. Die vom Gelehrtencongresse in Paris im Herbste 1881 eingeführten magnetischen und elektrischen Einheiten heißen absolute. Das System dieser Maße ist von Gauss und Weber aufgestellt worden, indem ersterer die magnetischen, letzterer die elektrischen Größen auf Längen-, Massen- und Zeiteinheiten zurückführte. Die erdmagnetischen Intensitäten wurden früher auf die erdmagnetische Intensität in London als Einheit bezogen; Gauss führte zuerst die Methode ein, die erdmagnetische Intensität eines Ortes aus Massen-, Längen- und Zeiteinheiten absolut zu bestimmen (d. h. ohne Bezug auf eine willkürlich aufgestellte Einheit), woher die jetzt allgemein gebrauchte Bezeichnung „absolut" stammt.

Die ursprünglichen Gauss-Weber'schen Einheiten waren in mm — mg — Sec. ausgedrückt; weil diese Maßeinheiten aber für die Praxis viel

[1]) 1 Ampère befördert weiters per Secunde die Elektricitätsmenge 30.10^7 elektrostatische cm — g Einheiten oder ein Coulomb und entwickelt in 1 Ohm die Wärmemenge 0·24 Gramm-Calorien. Kohlrausch, Leitfaden der praktischen Physik 1884, pag. 350.

[2]) F. und W. Kohlrausch: Sitzungsber. der phys.-med. Ges. zu Würzburg 1884.

zu klein sind, hat zuerst die British Association sogenannte praktische Einheiten eingeführt, indem sie wohl das Princip der Gauss-Weber'schen Messmethode beibehielt, ihre Maßeinheiten jedoch auf die Dimensionen m — g — Sec. basirte. Über Vorschlag von W. Thomson hat der Gelehrtencongress zu Paris einen Mittelweg eingeschlagen und die Dimensionen cm — g — Sec. (C. G. S.) zur Grundlage der von ihm empfohlenen Maßeinheiten angenommen. Es sind daher die ursprünglichen Gauss-Weber'schen Maßeinheiten (die mm — mg — Sec. Einheiten) von denjenigen der Brit. Ass. (m — g — Sec. Einheiten) und von denjenigen des internationalen Congresses der Elektriker zu Paris (cm — g — Sec. Einheiten) zu unterscheiden. Nur für letztere steht der Terminus technicus „absolut" dermalen im Gebrauche. [1])

Um allen Fällen der Praxis zu genügen, wurden diese Einheiten auch in einem Multiplum und Submultiplum angegeben, welche durch Bestimmungswörter Mega (= 1000000) und Mikro $\left(= \frac{1}{1000000}\right)$ ausgedrückt werden; man unterscheidet somit Volt, Megavolt und Mikrovolt; Ampère, Megaampère und Mikroampère; Ohm, Megohm und Mikroohm.

Zu Heilzwecken ist die Stromstärkeeinheit Ampère zu groß, das Submultiplum Mikroampère zu klein, aus welchem Grunde hier ein neues Submultiplum eingeführt ist, nämlich das Milliampère, d. h. der tausendste Theil eines Ampères.

Außer den Einheiten für die elektromotorische Kraft (Volt), Stromstärke (Ampère) und Widerstand (Ohm) wurde noch die Einheit für die Elektricitätsmenge (d. h. jene Quantität Elektricität, welche per Sec. 1 Ampère gibt), als Coulomb, ferner das Product aus 1 Amp. × 1 Volt, das Volt-Ampère (Einheit des Effectes) als Watt und die Einheit für die (elektrische) Capacität eines Leiters als Farad vom internationalen Congress zu Paris aufgestellt. Ein weiteres Eingehen auf diesen Gegenstand würde den Zweck der vorliegenden Schrift überschreiten.

Galvanische Elemente im allgemeinen.

Die verschiedenen Arten und Abarten galvanischer Elemente zählen heutzutage nach Hunderten; fast für jeden speciellen Verwendungszweig derselben wurden ganz bestimmte Zusammenstellungen angegeben: zu Heilzwecken sind die meisten verwendbar. Alle lassen sich indes auf einige typische Formen zurückführen oder nach gewissen Gesichtspunkten systematisch ordnen. Im Folgenden sollen nur die wichtigsten Formen näher besprochen, die minder wichtigen jedoch nur flüchtig berührt werden.

Die erste und älteste Zusammenstellung haben wir in der Form der Volta'schen Säule kennen gelernt. Diese Stromesquelle wurde durch eine Reihe von Jahren mit Vortheil in der Heilkunde verwendet; sie besaß jedoch mancherlei Mängel, weshalb sie nach dem Bekanntwerden zweckentsprechenderer Ketten verlassen wurde.

---

[1]) Durch Multiplication der auf cm — g — Sec. basirten absoluten Einheiten mit Potenzen von 10 werden nunmehr die sogenannten praktischen Einheiten abgeleitet.

Ihr Hauptfehler lag darin, dass durch den Druck der oberen Plattenpaare die Flüssigkeit aus den Filzscheiben der unteren herausgepresst wurde, an den Seiten herabrann und Nebenschließungen verursachte, wodurch eine bedeutende Schwächung des Stromes herbeigeführt wurde. Um diesem Übelstande abzuhelfen, wurde die Kupferplatte in Form einer flachen Schale verwendet, um die ausgepresste Flüssigkeit am Herabrinnen zu hindern. Hiedurch wurde jedoch die Trockenlegung der unteren Filzscheiben nicht hintangehalten, was Stromesunterbrechungen herbeiführen musste.

Die Ärzte begegneten diesen Schwierigkeiten in der Weise, dass sie kleine, leichte Plattenpaare in Anwendung zogen und dieselben zu mehreren Säulen vereinigten. Im Jahre 1801 änderte Cruikshank die Volta'sche Säule dahin ab, dass er die einzelnen Plattenpaare nicht aufeinander thürmte, sondern dieselben vertical nebeneinander parallel anordnete. Er verwendete rechteckige Platten, die er in einen Holztrog in Abständen von etwa $^1/_2$ *cm* einschob. Der Holztrog war innen mit einem isolirenden Überzuge versehen und die Platten passten genau in die für sie an den inneren Seitenwänden und am Boden dieses Holztroges hergestellten Nuten: die so entstehenden Zellen wurden mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt.

In demselben Jahre änderte Volta selbst seine Säule dahin ab, dass er in der bereits angegebenen Weise jedes einzelne Plattenpaar in ein Glasgefäß stellte und in dieses verdünnte Schwefelsäure eintrug (Volta's Becherapparat).

Alle diese Ketten polarisiren sich sehr rasch. Das gebildete Zinksulfat zersetzt sich und metallisches Zink lagert sich auf der Kupferplatte ab, wodurch völlige Stromesunterbrechung eintritt. Auch einige weitere, von Ärzten seinerzeit vielfach verwendete Modificationen dieser ursprünglichen Ketten haben nur mehr historischen Wert. So z. B.

die Wollaston'sche Kette 1815, welche aus 2 Kupferplatten und einer Zinkplatte zusammengesetzt war. Die Vergrößerung der negativen Platte sollte zur Beschränkung der Polarisation dienen, was auch bei den Chromsäureelementen ohne Diaphragma in derselben Weise angestrebt wird.

Hare änderte das Volta-Element 1821 dahin ab, dass er auf einen langen Kupferstreifen einen Tuchlappen und darauf einen ebenso langen Zinkstreifen legte und das so erhaltene Metalldoppelband über einen Holzstab zu einer Spirale (Hare's Spirale) einrollte, die er in ein Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure stellte. Wegen der großen Oberfläche und des geringen Widerstandes war diese Kette imstande, lebhafte Wärmewirkungen im Stromeskreise zu erzeugen, weshalb sie den Namen Calorimotor oder Deflagrator erhielt. Weitere Modificationen erfuhr die Volta'sche Kette noch durch Faraday 1835, Münch 1841, Schmidt, Young etc.

Wohl wurde durch die 1828 von Kemp entdeckte und von Sturgeon 1830 zuerst angewendete Amalgamirung des Zinkes die Polarisation vermindert, indem das Überziehen der Zinkoberfläche mit einem Zinkamalgam die Bildung localer Ketten und localer Ströme am Zink verhinderte, die infolge der Unreinigkeiten des käuflichen Zinkes entstehen, wodurch einerseits das Zink rasch verzehrt und andererseits die Stromstärke schon in kurzer Zeit erheblich vermindert wird. Allein weder das Amalgamiren der Zinke, noch die Anwendung verschiedentlicher Flüssigkeiten an Stelle der verdünnten Schwefelsäure, wie z. B.: Kupfersulfatlösung, Chromsäure, Sauerstoffwasser, Salmiaklösung etc., vermochten die Inconstanz dieser Elemente zu heben. Auch weitere Versuche in dieser Richtung von Poggendorff 1840, Page 1852

und Walker 1859, die das negative Metall entweder mit großer Oberfläche (Page, Walker) oder in oxydirtem Zustande (Poggendorff) verwendeten, um hiedurch die Polarisation zu vermindern, hatten keinen besseren Erfolg. Poggendorff veränderte die Kupferplatte, indem er sie entweder an der Luft erhitzte, oder in Salpetersäure tauchte und sodann in Wasser abwusch, oder durch den galvanischen Strom gleich Page und Walker moleculares Kupfer auf die Platte abscheiden ließ.

Das erste constante Element construirte 1829 Becquerel, indem er das Zink in eine Zinknitrat-Lösung und das Kupfer in eine Kupfernitrat-Lösung stellte und beide Metalle und Flüssigkeiten durch Goldschlägerhäutchen trennte.

1836 construirte Daniell seine constante Zink-Kupferkette, indem er das Zink in verdünnte Schwefelsäure, das Kupfer in Kupfersulfatlösung stellte und beide durch ein Diaphragma trennte. Dieses Element hat nach seinem Bekanntwerden fast mit einem Schlage alle bis dahin in Gebrauch gestandenen inconstanten Ketten aus dem medicinischen Armamentarium verdrängt und wird noch heutzutage sowohl in der ursprünglichen Anordnung, wie auch vorzugsweise in der Siemens-schen Modification in erster Linie zu elektrotherapeutischen Zwecken verwendet. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes schwankt zwischen 0·909 bis 1·35 Volts, je nach der Concentration der Flüssigkeit, dem Grade der Amalgamirung der Zinke etc., der innere Widerstand desselben beträgt 2·8 Ohms.

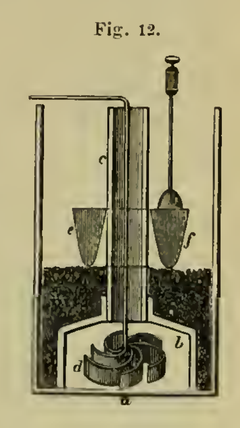
Das Daniell-Element bleibt so lange constant, als die Flüssigkeiten in ihrer Zusammensetzung und Concentration nicht wesentlich verändert sind. Bei Verwendung dieses Elementes ist also darauf zu sehen, dass die sich bildende Zinkvitriollösung von Zeit zu Zeit entfernt und durch frische verdünnte Schwefelsäure ersetzt wird. Hauptsächlich aber, dass die Kupfervitriollösung immer concentrirt sei. Letzteres wird am einfachsten dadurch erreicht, dass man Kupfersulfatkrystalle auf den Boden des Gefäßes oder noch besser auf ein unter dem Niveau der Kupfervitriollösung befindliches Sieb bringt.

Sollen Daniell-Elemente stets verlässlich bleiben, so müssen sie täglich auseinander genommen, die Zinke von anhängendem Zinksulfat gereinigt und von Zeit zu Zeit frisch amalgamirt, die Kupferplatten abgewaschen und die Thonzellen ausgewässert werden. In die Poren der letzteren lagert sich das Zinkvitriol ab, verlegt dieselben und verursacht häufig das Bersten der Thonzellen beim Trocknen (woferu sie nicht vorher hinreichend ausgesüßt wurden). Da zumeist das Zink in die Thonzelle gestellt wird und die Kupferblechplatte diese umgibt, lagert sich am Boden der Thonzelle bei Verwendung des unreinen käuflichen Zinkes ein Schlamm ab, der nebst Zinkvitriol und Kohlentheilchen noch die dem Zink beigemengten Metalle enthält, wodurch die in die Thonzelle diffundirte Kupfervitriollösung zersetzt wird und warzenförmige oder baumartig verzweigte Kupferincrustationen sich bilden, die die Thonzelle überziehen und ihre Poren durchsetzen. Dies kann allerdings verhindert werden, wenn man den Boden des Diaphragmas mit Wachs, Paraffin oder einer Harzlösung tränkt, allein hiedurch wird auch die Wirkung des Elementes verringert. Ueberdies ist noch zu erwähnen, dass dieses Element selbst bei offener Kette Material consumirt. Das Zink kann von vornherein statt in verdünnte Schwefelsäure in eine concentrirte Auflösung von Kochsalz, Bittersalz, Salmiak, Weinstein, Zinkvitriol, ja selbst in reines Wasser gestellt werden, wobei immer die elektromotorische Kraft

verschieden ist. Um die Unbequemlichkeiten, welche mit der häufigen Verwendung dieser Elemente verbunden sind, zu beseitigen, wurde das ursprüngliche Daniell-Element (das in der beschriebenen Form wohl nur mehr spärlich von Ärzten verwendet wird) vielfach abgeändert. Unter den zahlreichen Modificationen ist vor allen die zu Heilzwecken dermalen am meisten in Verwendung gezogene von

Siemens und Halske (in Fig. 12 in schematischem Durchschnitte dargestellt) zu erwähnen. In das Glasgefäß a wird über einen Stern oder eine Spirale aus Kupferblech d die glockenförmige, oben und unten offene Thonzelle b, in deren oberer Öffnung ein Glasrohr c eingekittet ist, central gestellt. Der blanke, an den Kupferstern hart gelöthete Kupferdraht ragt durch das Glasrohr nach außen hervor. Der Zwischenraum zwischen dem Glasgefäße a der Thonzelle b, sowie einem Theile ($^1/_4$) der Glasröhre c wird mit Papiermaché dicht erfüllt, darüber eine einfache oder doppelte Leinwandlage gebreitet und darauf der im Durchschnitt sichtbare Zinkcylinder e f gelagert. Von diesem ragt ein Messingstab nach aufwärts, der eine Drahtklemme zur Ausleitung des Zinkpoles trägt. Die Thonzelle und das Glasrohr werden mit Kupfervitriolstückchen erfüllt, in das Glasgefäß zum Zinkblock ein Löffel voll Bittersalz eingetragen, sodann das Glasröhrchen bis obenauf mit Wasser gefüllt und in das äußere Glas soviel Wasser gegossen, dass es den Zinkblock um 1 *cm* etwa überragt.

Fig. 12.



Die elektromotorische Kraft dieses Elementes [1]) variirt zwischen 1·0389 und 1·1242 Volts; der innere Widerstand eines solchen Elementes von 8 *cm* Durchmesser und 12 *cm* Höhe schwankt ebenfalls je nach der Dicke der Papiermaché-Schichte und beträgt im Durchschnitte 10 Ohms.

Diese Elemente sind mit Rücksicht auf ihre Verwertung zu Heilzwecken sehr constant und sehr dauerhaft, der Materialverbrauch ein sehr geringer. Eine Neufüllung genügt gewöhnlich für 6—8 Monate und ist nach dieser Zeit oft nichts anderes nöthig, als in die einzelnen Zellen Wasser nachzufüllen oder in die Glasröhrchen Kupfersulfat-Krystalle einzutragen. Dadurch, dass das Diaphragma hier sehr dickwandig ist, können die beim Daniell-Elemente besprochenen Unzukömmlichkeiten entweder gar nicht oder erst nach langer Zeit, gewöhnlich erst nach mehr denn einem Jahre eintreten. Nach dieser Zeit sieht man allerdings auch bei diesem Elemente mitunter die Papiermaché-Masse, zumal längs des Glases, von Kupferniederschlägen durchzogen; sie schädigen jedoch dieses Element nicht so, wie das Daniell-Element und lassen sich durch eine Zerlegung des Elementes und Neufüllung desselben wieder beseitigen. Zu diesem Zwecke füllt man das Element bis oben auf mit Wasser, entfernt den Zinkblock und zieht, wenn die Papiermaché-Masse gut aufgeweicht ist, an dem aus dem Glasröhrchen ragenden Kupferdrahte vorsichtig die ganze Papiermaché-Lage sammt der Thonzelle und dem Kupferblechsterne heraus. Nun werden diese Gegenstände auseinander

[1]) Zufolge einer Reihe von mir sowohl an frisch gefüllten, als auch an bereits über ein Jahr in Gebrauch stehenden Elementen ausgeführten Messungen.

genommen, die Thonzelle, das Glasrohr, sowie das Glasgefäß gereinigt und sodann in das Glas zunächst der Kupferstern und über denselben die Thonzelle mit dem Glasrohre central eingestellt. Hernach wird die Papiermaché-Masse zerzupft, gut ausgelaugt und werden alle Kupferniederschläge aus derselben entfernt. Sollte dadurch viel von der Masse unbrauchbar werden, so weicht man gewöhnliches graues Fließpapier in verdünnte Schwefelsäure ein, zerzupft dasselbe und stopft sodann die so erhaltene feuchte Masse in kleinen Partien dicht zwischen Thonzelle und Glasrohr einerseits und das Glasgefäß andererseits. Das Einstampfen soll mit einem spitzen Holzstäbchen vorgenommen werden, weil mit demselben die Masse sich genauer in den Zwischenraum zwischen Glas- und Thonzelle schieben lässt, als beispielsweise mit einem stumpfen. Ist dies geschehen, so kann die Masse noch von oben her mit den Fingern dicht zusammengepresst werden, wobei man nur darauf zu achten hat, dass weder das Diaphragma, noch das Glasröhrchen zerdrückt werde. Die dicht eingepresste Papiermasse soll über die Thonzelle nochmals so hoch, als ihre eigene Höhe beträgt, reichen und von obenher mit einer Lage von Leinwand, die etwas größer geschnitten wird, als das Lumen des Glasgefäßes beträgt, bedeckt werden. In das Röhrchen trägt man zerkleinerte Kupfervitriol-Krystalle ein und bringt auf die Leinwand einen Löffel voll Bittersalz, stellt sodann auf dieses den gereinigten Zinkblock und gießt hierauf in das äußere und in das innere Glasgefäß so lange Wasser, bis das (innere) Glasrohr bis obenauf gefüllt und der Zinkblock, wie bereits angegeben, etwa 1 *cm* hoch vom Wasser bedeckt ist.

Eine soeben besprochene Neufüllung ließ ich als Spitalsarzt alljährlich einmal unter meiner Leitung vornehmen und genügte dieselbe für die angegebene Zeit bei täglichem Gebrauche durch mehrere Stunden vollauf. Eine unangenehme Eigenschaft dieser Elemente besteht darin, dass bei allmählicher Verdunstung des Wassers die Salze an den Glasgefäßen herauskrystallisiren, den Rand der Gefäße überschreiten und die Elemente nach mehrwöchentlichem Gebrauche gewöhnlich unsauber aussehen. Diesem Uebelstande haben L e i t e r und M a y e r und W o l f in Wien dadurch abgeholfen, dass sie die Glasgefäße mit Weichgummikappen, durch welche die Polausleitungen hindurchgehen, verschließen. Hiedurch wird die Verdunstung möglichst beschränkt und das Überschreiten des Glasrandes durch die Salzefflorescenzen gehindert. Dieses Element consumirt bei offener Kette kein Material und hat den großen Vortheil, dass es viele Monate ohne jede weitere Aufsicht oder Sorgfalt mit ungeschwächter Wirkung jederzeit leistungsfähig ist. Für stationäre Batterien zur Anwendung der Elektricität zu elektrodiagnostischen, elektrotherapeutischen und elektrolytischen Zwecken ist dieses Element bisher von keinem anderen in Constanz, Dauerhaftigkeit, Billigkeit, Einfachheit der Behandlung und Zuverlässigkeit in der Wirkung übertroffen worden. Zu transportabeln Batterien eignet es sich schon wegen seines Gewichtes (ein Element von den angegebenen Dimensionen wiegt gefüllt 800 *g*) und wegen der Anwendung von Glasgefäßen weniger.

1859 änderte M e i d i n g e r das D a n i e l l - Element dahin ab, dass er das Diaphragma wegließ und die Flüssigkeiten durch bloßes Übereinanderschichten nach ihrem specifischen Gewichte voneinander trennte. Auf den Boden eines Glasgefäßes, dessen Mantelfläche im oberen Theile treppenförmig abgesetzt ist (so dass es oben einen größeren Durchmesser besitzt, als unten), wird ein kleiner Glasbecher gebracht und die an einem isolirten Drahte hart angelöthete Kupferspirale in denselben gestellt.

Der Zinkcylinder wird auf den treppenförmigen Absatz des Glasgefäßes gesetzt und nun das Glas bis zum unteren Zinkrande mit Wasser gefüllt. Aus dem Glase ragt an der einen Seite die Ableitung des Zinkpoles und an der anderen Seite die isolirte Ableitung des Kupferpoles hervor. In das Glasgefäß wird von oben her ein trichterförmig auslaufender Glasballon, der mit Kupfervitriolkrystallen erfüllt und dessen Mündung mittels eines Korkstöpsels verschlossen ist, durch welchen ein dünnes Glasröhrchen gesteckt wird, so eingetragen, dass die Mündung des Glasröhrchens einige *mm* über der Kupferspirale zu stehen kommt und der Glasballon auf dem oberen Rande des Glasgefäßes ruht. Durch das Einsenken dieses Glasballons steigt das Wasser und bespült auch das Zink. In die für die Ausleitungsdrähte bestimmten seitlichen Ausbuchtungen des Glasgefäßes oder Glasballons wird nun vorsichtig fein zerstoßenes Bittersalz oder noch besser mittels eines Hebers concentrirte Bittersalzlösung eingetragen (aber erst, nachdem sich im kleinen Glasbecher am Boden des Glasgefäßes Kupfersulfat gelöst hatte). Das Bittersalz lagert sich über die dichtere Kupfersulfatlösung und umspült das Zink, während das Kupfer, wie beim Daniell Elemente, in Kupfervitriollösung taucht. Das Element hat annähernd dieselbe elektromotorische Kraft, wie das Daniell-Element, einen inneren Widerstand von 4—9 Ohms, und erweist sich als sehr constant und insolange dauerhaft und wirksam, als es unberührt an dem ursprünglichen Aufstellungsorte verharrt; wird es jedoch durch Verschieben, Wegstellen oder Tragen erschüttert, so vermischen sich die beiden Flüssigkeiten und die Wirksamkeit des Elementes hat ein Ende.

Weinhold hat dieses Element vereinfacht, indem er den Ballon wegließ und die Kupfersulfat-Krystalle direct auf den Boden des Glasgefäßes eintrug (sogenanntes offenes Meidinger-Element). Mitunter wird statt des Ballons ein gewöhnlicher Glastrichter, gefüllt mit Kupfervitriolkrystallen, in das Glasgefäß eingestellt.

Calland hat 1861 dieses Element möglichst vereinfacht. Er nimmt hiezu als Gefäß ein gewöhnliches Trinkglas Fig. 13, stellt auf den Boden desselben einen Kupferblechstern oder eine Kupferblechspirale oder ein prismatisches Kupferstück oder einen einfach spiralig eingerollten Kupferdraht; die Ausleitung des Kupferpoles muss isolirt sein. Der kurze Zinkcylinder wird entweder am Deckel des Gefäßes befestigt oder aber mittels dreier Winkel in das Gefäß eingehängt. Auf den Boden wird Kupfervitriol eingetragen und das Glas sodann mit Wasser gefüllt; hat sich am Boden bereits Kupfersulfat gelöst, so trägt man von oben her vorsichtig mit einem Heber concentrirte Bittersalzlösung ein, die sich über die Kupfervitriollösung schichtet und das Zink bespült. Diese Elemente sind auch für stationäre Batterien zu elektrotherapeutischen Zwecken verwendbar, allein transportirt dürfen sie im gefüllten Zustande nicht werden; ihr innerer Widerstand beträgt 4·5—5 Ohms.

Fig. 13.

Reynier hat 1880 das Daniell-Element dahin umgeändert, dass er ein, nach Art eines Filters aus einem Stück sogenannten vegetabilischen Pergamentes durch bloßes Zusammenfalten hergestelltes

Diaphragma verwendet, das wohl amalgamirte Zink in Ätznatronlösung (300 : 1000), das Kupfer in eine Kupfersulfatlösung stellt und noch überdies beiden Flüssigkeiten verschiedene Salze beimischt, um die Leitungsfähigkeit derselben zu erhöhen. Die Flüssigkeit für das Zink besteht aus:

1200	Gwth.	Wasser,
300	„	Natriumcarbonat,
100	„	Kaliumcarbonat,
20	„	Kaliumchlorür,
20	„	Natriumchlorür,
20	„	Kaliumchlorid und
20	„	Natriumchlorid.

Die Flüssigkeit für die Kupferplatte besteht aus:

1200	Gwth.	Wasser,
240	„	Kupfersulfat,
60	„	Kupfernitrat,
20	„	Kaliumchlorür,
20	„	Natriumchlorür,
20	„	Kaliumchlorid,
20	„	Natriumchlorid,
20	„	conc. Zinkchloridlösung,
20	„	Kaliumsulfat,
20	„	Natriumsulfat und
20	„	Zinksulfat.

Die Elektromotoren sind in Form concentrischer Cylinder oder in Gestalt U-förmig gebogener Platten hergestellt, die genau ineinander passen und nur durch das Papierdiaphragma voneinander getrennt sind. Reynier vergleicht in der folgenden Tabelle ein Bunsen-Element von 20 *cm* Höhe mit seinem Elemente gleicher Dimension und Gestalt

Elemente	Constante derselben		Arbeit in	
	Elektromotorische Kraft in Volts	Innerer Widerstand in Ohms	Kgm.	Calorien
Bunsen	1·80	0·24	0·344	0·796
Reynier	1·35	0·075	0·619	1·440

und kommt zu dem Resultate, dass sein Element infolge des geringen wesentlichen Widerstandes selbst bei der geringeren elektromotorischen Kraft, sowohl in *Kgm.* als auch in Calorien gemessen, in derselben Zeit doppelt soviel Arbeit leistet, als das Bunsen-Element und die Stromstärke desselben zu jener des Bunsen-Elementes sich so verhält, wie 18 : 7·5.

Auf der Wiener elektrischen Ausstellung hatte Dr. Johann Puluj ebenfalls eine Modification des Daniell-Elementes exponirt, bei der er als Diaphragma einen Sack von wasserdichter Leinwand benützte, in welchen er die Zinkplatte in verdünnter Schwefelsäure eingetragen hatte. Die Kupferelektrode war aus einem U-förmig zusammengebogenen dünnen Bleche hergestellt, das beiderseits das Leinwand-Diaphragma umgab. In die Kupfersulfatlösung wurde etwas Schwefelsäure eingetragen, um die Leitungsfähigkeit derselben zu vergrößern.

1872 änderte Thomson das Daniell-Element dahin ab, dass er die Zink- und Kupferplatte in einem flachen Gefäße horizontal übereinander lagerte und erstere ebenfalls in ein Papierdiaphragma stellte, in das er Zinksulfatlösung von 1·1 Dichte eintrug, während die Kupferplatte reichlich mit Kupfersulfatkrystallen bedeckt wurde.

1881 stellte Reynier ein ähnliches Element her, indem er auf den Boden eines mit Kupfersulfatlösung gefüllten Kupfergefäßes eine Holztafel brachte, darauf sein Papierdiaphragma stellte und in dasselbe die Zinkplatte einsetzte.

Die letztgenannten Elemente könnten wegen ihres geringen inneren Widerstandes zur Galvanokaustik und zur Elektroendoskopie verwendet werden. Den vorbesprochenen Abänderungen des Daniell-Elementes mit geringem inneren Widerstande ist die

Trouvé'sche Modification, die einen großen wesentlichen Widerstand besitzt, entgegenzustellen. Diese Modification des Daniell-Elementes besteht aus je einer kreisrunden Kupfer- und Zinkplatte, zwischen welche eine große Anzahl von Löschpapierscheiben gelegt ist. Beide Platten, sowie alle Papierscheiben sind central durchbohrt und durch diese Bohrung eine Hartgummiröhre geschoben. Der Kupferstab, an welchem die Kupferplatte befestigt ist, geht isolirt durch diese Hartgummiröhre hindurch und wird an ihrem oberen Rande durch eine Polklemme festgehalten. Auf die Zinkplatte ist eine Hartgummi- oder Schieferplatte gelegt und durch diese die ebenfalls in eine Polklemme terminirende Ausleitung der Zinkplatte geführt — der obere Rand der centralen Hartgummiröhre trägt an seiner Außenseite ein Schraubengewinde mit einer breiten Schraubenmutter, welche zum Zusammenpressen der Fließpapierlagen dient. Die obere Hälfte der Papierscheiben, welche der Zinkplatte zugekehrt sind, wird mit conc. Zinksulfatlösung, die untere Hälfte in conc. Kupfersulfatlösung getränkt und in ein allseits geschlossenes Gefäß gestellt, damit die Flüssigkeiten nicht verdunsten. So lange die Papierscheiben feucht sind, gibt das Element einen ziemlich constanten Strom. Sind die Papierlagen ausgetrocknet, so taucht man das ganze Element unter Wasser. Die Grenze zwischen Zink- und Kupfersulfat rückt immer der Kupferplatte näher, weil Kupfersulfat verbraucht, Zinksulfat dagegen gebildet wird. Ist alles Kupfersulfat aufgebraucht, so laugt man die untere Hälfte der Papierscheiben in Wasser aus, trocknet dieselben und tränkt sie abermals mit Kupfersulfatlösung. Der Widerstand dieses Elementes bleibt sich ziemlich constant und ist dem des Siemens-Halske'schen Elementes annähernd gleich. Dieses Element eignet sich zu Batterien für medicinische Zwecke zur Benützung zur Katalyse und Elektrolyse; es trocknet an luftigem Orte, aus seinem Behälter herausgenommen, in kurzer Zeit und findet sohin bei Nichtgebrauch desselben kein Materialverbrauch statt.

Anderweitige Modificationen des Daniell-Elementes jedoch, wie z. B. die von Arsonval, Candido, Cardarelli, Gaiffe, Granfeld, Jacobi, Kohlfürst, Kramer, Krüger, Lockwood, Minotto, Plush, Prinz, Rollet, Terquem, Varley, Wagner, Wenzel u. A. haben für medicinische Zwecke weniger Wichtigkeit.

1839 construirte Grove ein ebenfalls constantes Element aus Zink in verdünnter Schwefelsäure im Glasgefäße und Platin in concentrirter Salpetersäure im Diaphragma. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes übertrifft jene des Daniell-Elementes und beträgt 1·96 Volts. Die Depolarisation erfolgt hier durch die sauerstoffreiche Salpetersäure, welche zu Untersalpetersäure reducirt wird, die in Form braunrother die Athmungsorgane belästigender Dünste dem Diaphragma entströmt. Dieses Element wird wegen seiner großen elektromotorischen Kraft in der Galvanochirurgie und zur Elektroendoskopie herangezogen und werden die aus derlei Elementen zu ärztlichen Zwecken verwendbaren Zusammenstellungen im Capitel über Galvanokaustik näher abgehandelt werden.

Um die Oberfläche des Platins bei Erhaltung der früheren Dimensionen des Elementes zu vergrößern, führte Poggendorff 1849 die Anwendung des S-förmig gebogenen Platinbleches ein, (wodurch zugleich das dünne Platinblech vor Verbiegungen geschützt wurde) und verwendete zum Abschluss der Thonzelle einen Specksteindeckel, an dessen Unterseiten das Platinblech befestigte, dessen Ausleitung durch den Specksteindeckel zu einer, an der Oberseite desselben befindlichen Polklemme gieng.

Das Grove-Element, eines der kräftigsten unter allen bekannt gewordenen, erschöpft sich noch rascher, als das Daniell-Element und bleibt nur solange constant, als die Salpetersäure noch einen bestimmten Grad von Concentration besitzt. Aus diesem Grunde, sowie um das infolge der Verwendung des Platins theure Element durch Benützung eines billigeren Elektromotors (an Stelle des Platins) minder kostspielig zu gestalten, andererseits wieder, um die lästigen Dünste der Untersalpetersäure zu beseitigen, wurde dieses Element in der Folge vielfach modificirt. Einige dieser Modificationen sollen hier in Kürze erwähnt werden.

Wöhler ersetzte das Platin durch Aluminium und verwendete auch an Stelle des Zinkes dasselbe Metall, stellte es aber dann statt in verdünnte Schwefelsäure in eine Ätznatronlösung oder in verdünnte Salzsäure.

Warrington ersetzte im Grove-Elemente die Salpetersäure durch eine Lösung von 12 Gwth. Kaliumbichromat und 25 Gwth. Schwefelsäure in 100 Gwth. Wasser.

Callan ersetzte 1847 das Platin des Grove-Elementes durch platinirtes Blei und die Salpetersäure durch eine Mischung von 4 Thl. concentrirter Schwefelsäure, 2 Thl. Salpetersäure und 2 Thl. einer gesättigten Kaliumnitratlösung.

Zu gleicher Zeit, als Grove seine Zink-Platin-Kette construirte, erfand Cooper eine Zink-Kohle-Kette, welche nach mehreren Modificationen in den Jahren 1840 und 1841 von Bunsen bedeutend verbessert und als

Bunsen-Element rasch bekannt wurde. Diese Kette besteht aus Zink in verdünnter Schwefelsäure im Glasgefäße gegen Kohle in concentrirter Salpetersäure im Diaphragma. Seine elektromotorische Kraft beträgt 1·8—1·9 Volts, der innere Widerstand 0·06—0·24 Ohms. Bei den ursprünglichen Bunsen-Elementen war die Kohle durch Glühen eines innigen Gemisches von Steinkohlen und Coaks in einem verschlossenen Tiegel, nachherigem Tränken der so erhaltenen porösen Masse mit concentrirter Zuckerlösung und abermaligem Glühen

in einem verschlossenen Tiegel hergestellt. Diese so bereitete, künstliche Kohle erweist sich in der Spannungsdifferenz gegen Zink dem kostspieligen Platin gleich und ist steinhart und metallisch glänzend. Aus dieser Kohle wurden früher Zellen geformt, diese mit Sand und concentrirter Salpetersäure gefüllt und direct in das Glasgefäß, welches das Zink in verdünnter Schwefelsäure enthielt, gestellt. 1844 gab jedoch Bunsen selbst diese Einrichtung auf und verwendete ein Diaphragma, in welches das Zink in verdünnte Schwefelsäure gestellt wurde, während die Kohle außerhalb des Diaphragmas in Form eines Cylinders in concentrirter Salpetersäure im Glasgefäße stand. Siemens und Halske haben diesen Kohlenbecher mehrfach durchlöchert, damit die Säure beiderseits in gleicher Concentration wirke und die frühere Armirung der Kohle mit ihrem abnehmbaren Ableitungsringe aus Kupfer dahin abgeändert, dass sie auf den oberen Rand des Kohlencylinders unmittelbar einen Bleiring und um diesen erst den die Ableitungsklemme tragenden Kupferring legten. Da jedoch das Abnehmen und Reinigen dieser Ableitungsringe bei dem Auseinandernehmen und Zusammenstellen dieser Elemente zur Batterie umständlich und zeitraubend ist, hat Stöhrer einen Messingring ein für allemal um den oberen Rand des Kohlencylinders gelegt und denselben an der Innenseite stark gefirnisst, so dass er gar nicht zur Ableitung von der Kohle beiträgt. An einer Stelle besitzt dieser Ring eine viereckige Ausbiegung und eine Schraube, durch welche ein viereckiges, etwa 2 *mm* dickes Kupferstück gegen die Kohle gepresst und festgeklemmt werden kann. Dieses Kupferstück ist an einem biegsamen Kupferstreifen hart gelöthet, der seinerseits an dem Zinke (des nächsten Elementes) genietet und gelöthet ist. Heutzutage sind diese Formen des Bunsen-Elementes zumeist verlassen und steht die Deleuil'sche Modification in Gebrauch, bei der ein Kohlenprisma aus der von Schönbein eingeführten Retorten- oder Gaskohle (welche sich bei der Leuchtgasfabrication an die Innenwand der Retorte absetzt und eine bedeutende Härte bei ziemlich gutem Leitungsvermögen besitzt) verwendet, in die kreisrunde Thonzelle in concentrirte Salpetersäure gestellt, das Zink jedoch außerhalb des Diaphragmas im Glasgefäße in verdünnte Schwefelsäure gebracht wird. In England ist eine Modification dieses Elementes verbreitet, bei welcher aus Gaskohle hergestellte oder aus künstlicher Kohle gepresste Platten in parallelopipedische (jedoch schwierig herzustellende) Thonzellen in concentrirte Salpetersäure gestellt, und die Zinke in verdünnter Schwefelsäure ebenfalls in parallelopipedischen Glasgefäßen gewöhnlich in Form zweier Platten (zu beiden Seiten der Thonzelle) angewendet werden.

Die Armirung dieser Kohlenprismen oder Kohlenplatten geschieht zumeist mittels abnehmbarer Klemmen, welche den oberen Rand der Kohle umgreifen. Sie müssen jedesmal beim Gebrauche gereinigt werden, wofern nicht die Contactstellen derselben mit Platinüberzügen versehen sind. Für gewisse Fälle ist die fixe Anbringung der Armirung vortheilhafter. Zu diesem Zwecke wird das obere Drittel der Kohle mit Paraffin getränkt, sodann auf galvanoplastischem Wege in verlässlicher Weise mit Kupfer überzogen und auf diesen Kupferniederschlag direct die Kupferarmatur gelöthet.

Genauen Messungen zufolge ist die elektromotorische Kraft des Bunsen-Elementes nahezu gleich der des Grove'schen (somit circa

1·8mal größer als das des Daniell'schen); da der Preis dieses Elementes jedoch viel niedriger ist als der eines gleich großen Grove'schen, hat das Bunsen-Element eine große Verbreitung erfahren und wird in allen jenen Fällen mit Vortheil angewendet, wo es sich um kräftige Ströme (zu thermischen Effecten beispielsweise) handelt. Dieses Element bleibt insolange constant (bei continuirlicher Thätigkeit nach frischer Füllung immerhin viele Stunden), als die Dichte der Salpetersäure noch 1·4 und mindestens 1·3 beträgt. Die Dichte der verdünnten Schwefelsäure soll 1·06 besitzen (1 Volum concentrirte englische Schwefelsäure auf 20 Volumen Wasser). Ein Hauptaugenmerk ist darauf zu richten, dass die Zinke immer wohl amalgamirt sind; in dieser Richtung ist es zweckentsprechend, etwas Quecksilber auf den Boden des Glasgefäßes, in welchem das Zink steht, zu bringen (was Wigner für das Grove-Element und Waltenhofen für das Bunsen-Element empfahlen). Bei der Füllung des Elementes gehe man in der Weise vor, dass man zuerst die verdünnte Schwefelsäure in die Batteriegläser eintrage, die Thonzellen einsetze und erst, wenn sie von der verdünnten Schwefelsäure durchtränkt sind, die concentrirte Salpetersäure in dieselben gieße, wodurch einerseits an Salpetersäure gespart, andererseits das Benetzen der Außenseite der Thonzellen mit Salpetersäure und die hiedurch bedingte Verschlechterung der verdünnten Schwefelsäure verhindert wird.

Von den zahlreichen Modificationen des Bunsen-Elementes seien nur die folgenden erwähnt:

Arsonval setzt der verdünnten Schwefelsäure, um das in derselben etwa vorhandene Bleisulfat in Seifenform zu fällen, $^1/_2$% Brennöl zu. Eine andere Modification des Bunsen-Elementes seitens Arsonvals besteht darin, dass er die verdünnte Schwefelsäure desselben durch verdünnte Salzsäure ersetzt, wodurch an der Thonzelle. Königswasser entsteht, was eine bedeutende Erhöhung der elektromotorischen Kraft zur Folge hat. Um den inneren Widerstand des Bunsen-Elementes auf ein Minimum zu reduciren und die Oberfläche der Kohle zum Zwecke der Depolarisation möglichst zu vergrößern, wendet Arsonval in einer anderen Modification desselben, Kohlenstäbchen von 1 *cm* Querschnitt an, die er im Kreise um das Diaphragma stellt, in welches das Zink eingetragen wird. Die concentrirte Salpetersäure ersetzt er in dieser Modification durch eine Mischung von 1 Thl. Salpetersäure, 1 Thl. Salzsäure und 2 Thl. Wasser. Bei einer anderen Modification des Bunsen-Elementes verwendet Arsonval sowohl für die Kohle als auch für das Zink eigene Flüssigkeitsgemische. Die Flüssigkeit für das Zink besteht hiebei aus 20 Volumtheilen Wasser, 1 Volum Schwefelsäure und 1 Volum Salzsäure; die Flüssigkeit für die Kohle enthält 1 Volum Salpetersäure, 1 Volum Salzsäure und 2 Volumina verdünnte Schwefelsäure (1 : 20). Dieses Element soll eine elektromotorische Kraft von 2·2 Volts besitzen.

Tomassi in Paris hat eine sehr complicirte Modification des Bunsen-Elementes angegeben und dieselbe patentirt. Das Wesentliche derselben besteht in der Möglichkeit der raschen Füllung und Entleerung einer aus solchen Elementen bestehenden Batterie oder eines einzelnen solchen Elementes, der fixen Verbindung aller Theile des Elementes und der Einrichtung, dass die Zinke permanent von Quecksilber bespült werden, um sich selbst zu amalgamiren. Um dies zu

erreichen, wendet Tomassi Thonzellen an, die in ihrer unteren Hälfte glasirt sind.

Die Salpetersäure wird in diese untere undurchlässige Hälfte der Thonzelle eingefüllt und diese durch einen Deckel luftdicht verschlossen. Letzterer trägt an seiner Unterseite die Kohle in Form eines Halbcylinders von halber Höhe der ganzen Thonzelle und besitzt eine dicht verschließbare Öffnung zum Nachfüllen der Salpetersäure. Überdies geht durch diesen Deckel ein dicht verschließbarer Aluminiumstab, der einen Halbcylinder aus Porzellan von gleichen Dimensionen, wie bei der Kohle angegeben, trägt. Kohle und Porzellanstück füllen somit die obere, die Salpetersäure die untere Hälfte der Thonzelle aus. Soll das Element gefüllt werden, so wird der Porzellan-Halbcylinder mit Hilfe des Aluminiumstabes bis auf den Boden der Thonzelle hinab geschoben, wodurch die Salpetersäure verdrängt wird und zur Kohle emporsteigt. Soll das Element außer Thätigkeit gesetzt werden, so wird einfach der Porzellan-Halbcylinder in die Höhe gehoben und die Salpetersäure sinkt abermals in die untere glasirte Hälfte der Thonzelle. Das Zink ist der oberen Hälfte der Thonzelle entsprechend an das äußere Gefäß in Form eines Cylinders gekittet und hat an seiner oberen und unteren Kante Rinnen, in welche etwas Quecksilber zur beständigen Selbstamalgamirung gegossen wird. Die verdünnte Schwefelsäure je zweier benachbarter Zellen wird durch Glasheber in Communication gesetzt, wodurch die rasche Füllung und Entleerung ermöglicht und die gleiche Concentration der Säurelösung in allen Glasgefäßen erhalten werden soll. Die vom Erfinder erhofften Bequemlichkeiten und Vortheile, die dieses Element bieten soll, bewähren sich nicht; unzweckmäßig ist das Ankitten des Zinkes, wodurch das Auswechseln desselben dem Arzte oder einem Laien völlig unmöglich wird; unbequem das Entleeren der endlich unbrauchbar gewordenen Salpetersäure durch die enge, nur zum Nachfüllen der Säure bestimmte Öffnung und das ganze Princip nicht neu. [1])

In den nun folgenden Modificationen wird sowohl die Salpetersäure, als auch die Kohle durch andere Materialien ersetzt: so z. B. verwendete

Leeson (1843) anstatt Salpetersäure eine Kaliumchloratlösung;

Marié-Davy ersetzte die Salpetersäure im Bunsen-Elemente durch eine breiige Masse aus neutralem Quecksilbersulfat, mit der das Diaphragma rings um die Kohle erfüllt wird. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt 1·2 Volts.

Duchemin stellte (1865) das Zink in eine Meersalzlösung und ersetzte im Diaphragma die Salpetersäure durch eine Eisenperchloridlösung. Ist letztere durch die Depolarisation entmischt, so regenerirt man sie, indem man durch dieselbe einen Chlorstrom leitet. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt 1·54 Volts, der innere Widerstand 7 Ohms.

Auch Liebig und nach ihm Buff haben ähnliche Elemente angegeben. Sie stellen nämlich die Kohle in sirupdicke Eisenchloridlösung und das Zink in Kochsalzlösung.

Guignet hat ein Zink-Kohle-Element construirt, bestehend aus Coaks in einer Eisensulfatlösung im Diaphragma gegen Zink in verdünnter Schwefelsäure.

[1]) Was ich im XVIII. Bande von Hartleben's Elektrotechnischer Bibliothek „Die Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde", pag. 111, des näheren auseinandergesetzt habe.

Niaudet stellte (1879) ein Zink-Kohle-Element zusammen, wobei er die Kohlenplatte im porösen Thongefäße mit einem Gemisch von Kohlenklein und Chlorkalk umgab und die Zinkplatte außerhalb des Diaphragmas in eine 24%ige Kochsalzlösung stellte. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt anfänglich 1·65 Volts und sinkt (sich selbst überlassen) nach einigen Monaten auf 1·5 Volts. Der Widerstand des gewöhnlichen Modelles beträgt nach Angabe des Erfinders 5 Ohms; der Vortheil dieses Elementes soll darin bestehen, dass nur während des Schlusses Materialverbrauch eintritt; die unangenehme Seite dieser Elemente ist der lästige Geruch derselben, welcher einen luftdichten Abschluss dieser Elemente nöthig macht.

1843 ersetzte Bunsen die Salpetersäure in seinem Elemente durch eine Kaliumbichromatlösung, der er Schwefelsäure zusetzte. Die ursprüngliche Lösung bestand aus 1 Gwthl. Kaliumbichromat, 2 Thl. englischer Schwefelsäure, 10 Gwthl. Wasser; hernach änderte Bunsen diese Lösung, indem er 3 Gwthl. Kaliumbichromat in 18 Gwthl. Wasser und 4 Gwthl. Schwefelsäure hinzufügte; sodann verwendete Bunsen folgende Lösung: 93 *g* Kaliumbichromat werden in 900 *g* Wasser gelöst und mit 93·5 cm^3 Schwefelsäure gemischt. (1 *l* Flüssigkeit.) Zum Schlusse benützte Bunsen eine auf Grund der chemischen Umsetzungen berechnete Lösung, die aus 61·82 Gwthl. Kaliumbichromat. 115·7 Gwthl. Schwefelsäure und 604·7 Gwthl. Wasser zusammengesetzt war. Das Grove-Element wird bei Ersatz der Salpetersäure durch eine Kaliumbichromatlösung bald unwirksam; das Bunsen-Element hingegen bleibt bei Anwendung dieser Lösung statt der Salpetersäure ziemlich lange wirksam, nur dass die Depolarisation bei längerer Benützung dieses Elementes nicht mehr so vollständig vor sich geht, wie bei Verwendung von Salpetersäure. Diese von Bunsen selbst angegebene Abänderung hat eine ganze Reihe weiterer Modificationen angebahnt. So ersetzte

Delaurier die Salpetersäure (im ursprünglichen Bunsen-Elemente) durch eine Lösung von 25·14 Gwthl. Chromsäure, 25 Gwthl. Eisenvitriol und 30·62 Gwthl. concentrirter Schwefelsäure in 60 Gwthl. Wasser.

Thame (1883) ersetzte die reine Salpetersäure im Bunsen-Elemente durch eine Mischung von Salpetersäure mit Chromylchlorid ($Cr O_2 Cl_2$) im Verhältnisse 3 : 1 (3 Thl. $H N O_3$ und 1 Thl. $Cr O_2 Cl_2$). Die Vortheile dieses Elementes sollen hauptsächlich darin bestehen, dass „anstatt der schädlichen Dünste der Untersalpetersäure das minder schädliche Chlorgas hier ausströmt“ (übrigens ist das eine ebenso unangenehm, wie das andere).

Fuller hat ein Bunsen-Element mit Kaliumbichromatlösung zusammengestellt, in welchem er der verdünnten Schwefelsäure (in welche der Zinkcylinder gestellt wird) etwas Quecksilber zum Zwecke der Selbstamalgamirung hinzusetzt und im Diaphragma (das die Kohle enthält) eine Kaliumbichromatlösung, bestehend aus 100 Gwthl. Wasser, 25 Gwthl. Schwefelsäure und 12 Gwthl. Kaliumbichromat verwendet. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes soll 2 Volts betragen.

Cloris Baudet gab (1879) eine Modification des Bunsen-Elementes mit Kaliumbichromatlösung an, in der zur Kohle eine größere Menge von Kaliumbichromat und Schwefelsäure (ersteres immer im Überschuss) eingetragen werden soll, um stets einen hinreichenden Vor-

rath an depolarisirender Flüssigkeit zu haben Die elektromotorische Kraft dieser Kette soll 2 Volts betragen und der Widerstand (eines 20 *cm* hohen Elementes) 0·22—0·3 Ohms ausmachen.

Higgins gab eine Zusammenstellung an, in welcher wohl amalgamirtes Zink in verdünnter Schwefelsäure (1 : 30 dem Volum nach) und die Kohle im Diaphragma in einer Kaliumbichromatlösung (bestehend aus 45 Gwthl. Wasser, 15 Gwthl. Schwefelsäure und 5 Gwthl. Kaliumbichromat) verwendet wird. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes soll 2·2 Volts und der wesentliche Widerstand (bei 15 *cm* Höhe) 0·4 bis 0·5 Ohms betragen.

Arsonval's Modification dieses Elementes besteht darin, dass er die Thonzelle mit Retortenkohlenstückchen füllt und das Zink in reines Wasser stellt. Die in das Diaphragma einzutragende Flüssigkeit besteht aus 1 Volum kalt gesättigter Kaliumbichromatlösung und 1 Volum ordinärer Salzsäure. Diese Zusammenstellung soll trotz der Anwendung von Chlorwasserstoff dennoch geruchlos und in seiner Wirksamkeit stets zuverlässig sein.

—

Mehrere ähnliche Modificationen übergehend, schließe ich diesen constanten Zink-Kohle-Elementen einige weitergehende Modificationen des ursprünglichen Bunsen-Elementes an, in welchen das Diaphragma weggelassen wurde und in denen nur eine Flüssigkeit zur Anwendung kömmt, die somit als inconstante Elemente angesehen werden müssen.

So z. B. verwendet Osann einen Kohlencylinder, der zuvor mit Wasser ausgelaugt, sodann in einer Sodalösung gekocht, ausgewässert, gut getrocknet und zuletzt in Salpetersäure gestellt wird, bis er ganz von derselben durchtränkt ist, in einem Gefäße mit Zink in verdünnter Schwefelsäure.

Gaiffe änderte die von Marié-Davy angegebene Modification des Bunsen-Elementes dahin ab, dass er das Diaphragma wegließ, Zink und Kohle in Plattenform verwendete, beide isolirt über einander lagerte und zwischen dieselben einen Brei von neutralem Quecksilbersulfat eintrug. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt 1·52 Volts. Solche Elemente in Hartgummitassen standen früher vielfach zur Armirung von Inductionsapparaten in Verwendung.

Fig. 14.

Duchenne hat eine ähnliche Zusammenstellung angegeben: er tränkt eine Kohlenplatte mit Wasser, streut Quecksilbersulfat auf dieselbe, bedeckt sie sodann mit einem feuchten Tuchlappen und legt auf letzteren die Zinkplatte.

Stöhrer hat diese Duchenne'sche Säule in einen Becherapparat umgewandelt, indem er massive Kohlencylinder von hohlen Zinkcylindern umgeben, in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Glasgefäß stellte und der Flüssigkeit etwas neutrales Quecksilbersulfat zusetzte.

Zum Betriebe von Taschen-Inductions-Apparaten hat Stöhrer ein kleines Zink-Kohle-Element (Fig. 14) construirt, das, in vollkommen geschlossener Hartgummibüchse unterbracht, „auf lange Zeit constant wirken" soll. Die Erregungsflüssigkeit ist Zinksulfatlösung mit Zusatz

von neutralem Quecksilbersulfat. Der eine Elektromotor (Kohle) kleidet die innere Wand der Büchse aus und steht seitlich mit einer Polklemme in Verbindung; der andere Elektromotor (Zink) hat die Form einer Platte, welche mittels eines durch den Deckel der Büchse gehenden und eine Polklemme tragenden, luftdicht verschiebbaren Stabes emporgezogen oder hinabgedrückt werden kann. Eine starke Schwammscheibe nimmt bei diesem Elemente alle Flüssigkeit auf; durch Hinabdrücken der auf dieser Schwammscheibe aufliegenden Zinkplatte wird die Flüssigkeit frei und das Element tritt in Thätigkeit.

Stöhrer hat noch kleinere derartige Elemente construirt, wo statt der Kohle am Boden der Hartgummibüchse eine Silberplatte befestigt ist, die mit pulverförmigem Chlorsilber bedeckt wird; die Zinkscheibe lässt sich auch in diesem Elemente von oben auf den feuchten Schwamm drücken und nach dem Gebrauche heben und feststellen.

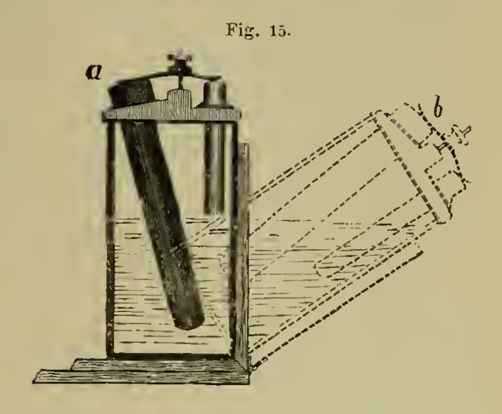
Schwalbe hat aus Zink, Kohle und verdünnter Schwefelsäure ein einfaches Element für transportable Batterien zu ärztlichen Zwecken hergestellt: 15 *cm* lange, und 2 *cm* im Querschnitt messende, beiderseits offene Glasröhren werden zur Hälfte mit Gaskohlenstückchen gefüllt und beiderseits mit Kautschukstöpseln verschlossen, nachdem vorerst so viel verdünnte Schwefelsäure eingetragen wurde, dass dieselbe bei aufrechter Stellung der Glasröhre zur Hälfte derselben reicht. Durch den einen Kautschukstöpsel ragt von der Seite, wo die Kohlenstückchen eingefüllt sind, ein Platindraht als Anode nach außen, während durch den zweiten Kautschukstöpsel ein kurzes Zinkstück geschoben wird, dessen nach außen hervorragendes Ende eine Polklemme zur Ableitung der Kathode besitzt. Der Zinkstab wird nicht central, sondern möglichst nahe der Innenwand der Glasröhre durch den Kautschukstöpsel geschoben. Stellt man das Element vertical mit dem Zinkstabe nach aufwärts, so bespült die verdünnte Schwefelsäure nur die Kohlenstückchen und das Element liefert keinen Strom. Legt man jedoch die Glasröhre horizontal, so zwar, dass das Zink die möglichst tiefste Stelle einnimmt, so vertheilt sich die verdünnte Schwefelsäure in der ganzen Glasröhre, die untere Hälfte derselben erfüllend und das Zink bespülend, in welchem Falle das Element Strom liefert. Diesem Elemente ähnlich ist

die Trouvé'sche Sturzzelle. Sie besteht aus einem Hartgummicylinder, der beiderseits durch aufschraubbare Deckel geschlossen werden kann; durch einen dieser Deckel ragen bis zur Hälfte des Innenraumes der Zelle ein Zink- und ein Kohlenstab; die andere Hälfte wird mit verdünnter Schwefelsäure, der etwas neutrales Quecksilbersulfat zugesetzt wurde, gefüllt. Steht die Büchse mit den Elektroden nach aufwärts, so ist die Kette außer Thätigkeit gesetzt; wird die Büchse gestürzt, so bespült die Flüssigkeit die Stromgeber und das Element ist fähig, Strom zu liefern. Eine andere Ausführung dieses Elementes besteht darin, dass durch den Deckel nur der Zinkstab in die Büchse ragt, während die Kohle in Form eines Cylinders die Innenwand derselben bis zur Hälfte auskleidet.

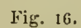
Stöhrer hat ebenfalls eine Neigungszelle für Batterien zu medicinischen Zwecken hergestellt: Eine Hartkautschukbüchse (Fig. 15) wird durch einen massiven Deckel geschlossen, durch welchen ein Kohlenstab und ein Zinkstab in das Innere derselben ragt; der Zinkstab reicht kaum bis zur Hälfte der Büchse, der Kohlenstab

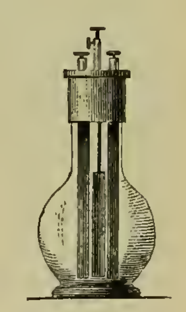
fast bis auf den Boden und ragt diagonal in dieselbe. a zeigt das Element außer Thätigkeit, b in geneigter Stellung, in welcher die Flüssigkeit Zink und Kohle bespült und in der es zur Verwendung bereit ist. Eine starke Metalldoppelfeder drückt gleichzeitig auf Zink und Kohle und stellt die leitende Verbindung zwischen beiden her. Bei Vereinigung mehrerer solcher Elemente zur Batterie berührt diese Feder immer das Zink des einen und die Kohle des nächsten Elementes. Zur Füllung wird entweder eine 6% Schwefelsäurelösung mit Zusatz von neutralem Quecksilbersulfat (4 *g* auf 100 *g* Flüssigkeit) oder eine Chlorzinklösung mit Zusatz von Quecksilbersulfat oder aber eine Kaliumbichromatlösung (25 *g* Kaliumbichromat auf 1 *l* einer 1 : 10 oder 1 : 20 verdünnten Schwefelsäure, in welcher vorher 20 *g* Quecksilbersalz aufgelöst worden sind) angewendet.

Fig. 15.



Die von Bunsen anstatt der Salpetersäure eingeführte Kaliumbichromatlösung wurde von Poggendorff 1842 zur Construction eines Zink-Kohle-Elementes ohne Diaphragma als einzige Erregungsflüssigkeit herangezogen. Derlei Elemente wurden in der Folge von fast allen Elektrotechnikern und Mechanikern in den verschiedensten Abänderungen der äußeren Form und Größe, sowie mit verschiedentlichen Mischungen der Erregungsflüssigkeit hergestellt. So z. B. ist das Grenet'sche Flaschenelement (Fig. 16) zur Armirung von Inductionsapparaten (allerdings nicht für wissenschaftliche Untersuchungen, sondern nur zur Verwendung in der Praxis) allgemein verbreitet. Es besteht aus einem, in seiner unteren Hälfte weiteren Glasgefäße, in welches von der Unterseite eines Hartgummideckels 2 Kohlenplatten und eine, an einem langen Messingstabe verschiebbare Zinkplatte ragen. Die Kohlenplatten reichen bis auf den Boden des Glasgefäßes, die Zinkplatte kann entweder in die untere die Flüssigkeit bergende Hälfte der Flasche hinabgeschoben oder in die obere, von Flüssigkeit freie engere Hälfte des Glasgefäßes emporgezogen werden, durch welche Manipulation das Element leicht in und außer Thätigkeit gesetzt werden kann.


Fig. 16.



Ähnliche Elemente wurden von Trouvé 1875 und Tissandier 1882 zusammengestellt.

Die Erregungsflüssigkeit ist entweder die Bunsen'sche Kaliumbichromatlösung oder sie wird nach Buffs Angabe aus 12 Gwthl. Kaliumbichromat, 25 Gwthl. Schwefelsäure und 100—150 Gwthl. Wasser zusammen-

gesetzt. Rosenthal [1]) empfiehlt eine Kaliumbichromatlösung aus 8 Gwthl. Kaliumbichromat, 10 Gwthl. Schwefelsäure, 100 Gwthl. Wasser und 1 Gwthl. neutralem Quecksilbersulfat (der letztere Zusatz, wie in allen früheren Fällen zur Selbstamalgamirung der Zinke). Poggendorffs (1842) Lösung besteht aus 100 *g* Kaliumbichromat, das in einem Liter kochenden Wassers gelöst wird, welcher Flüssigkeit nach dem Erkalten noch 50 *g* englischer Schwefelsäure zugesetzt werden sollen. Delaurier (1870) gibt folgende Lösung an: 18·4 *g* Kaliumbichromat, 42·8 *g* Schwefelsäure und 200 *g* Wasser. Diese Lösung ist entsprechend der chemischen Umsetzung im Elemente genau berechnet; die Endglieder der chemischen Wechselwirkungen sind Chromalaun und Zinksulfat. Tissandiers Lösung besteht aus 100 *g* Wasser, 16 *g* Kaliumbichromat und 37 *g* Schwefelsäure.

In den großplattigen Elementen zu galvanokaustischen Zwecken verwendet Boeckel eine Lösung, bestehend aus 3 Gwthl. Kaliumbichromat, 2 Gwthl. Schwefelsäure und 30 Gwthl. Wasser und wirft, wenn die Lösung sich erschöpft, noch Krystalle von Kaliumbichromat hinein, die jedoch nach der Ansicht Bruns' wirkungslos bleiben. Hedinger verwendet in seiner galvanokaustischen Batterie eine Lösung aus 900 *g* Wasser, 92 *g* Kaliumbichromat und 167 *g* (oder 93·5 cm^3) Schwefelsäure. Bruns verwendet in seiner galvanokaustischen Batterie 3 Lösungen, die er als schwache (I), starke (II) und stärkste (III) unterscheidet. I besteht aus 250 Gwthl. Kaliumbichromat, 500 Gwthl. Schwefelsäure (vom specif. Gewichte 1·83) und 4000 Gwthl. Wasser; II besteht aus 500 Gwthl. Kaliumbichromat, 1000 Gwthl. Schwefelsäure und 4000 Gwthl. Wasser; III endlich besteht aus 750 Gwthl. Kaliumbichromat, 1500 Gwthl. Schwefelsäure und 4000 Gwthl. Wasser.

Alle diese Elemente haben anfänglich eine ziemlich bedeutende Stromstärke; bald jedoch nimmt dieselbe rasch ab, so z. B. beträgt die elektromotorische Kraft eines derartigen Elementes von 15 *cm* Höhe bei zwei Zink- und einer Kohlenplatte (Trouvé) beim Schluss 2 Volts und besitzt dasselbe einen Widerstand von 0·0016 Ohms. Sofort nach dem Schluss sinkt die elektromotorische Kraft auf 1·9 Volts und rasch noch weiter, während der innere Widerstand sofort auf 0·07 bis 0·08 ansteigt. Bei Schluss der Kette wird das Kaliumbichromat durch die verdünnte Schwefelsäure zersetzt und in Kaliumsulfat und Chromsäure umgewandelt. Letztere, als ein sehr sauerstoffreicher Körper, wirkt depolarisirend, die Flüssigkeit erschöpft sich aber bald und Wasserstoffblasen bleiben an den Kohlenplatten haften: außerdem dringt der sich bildende Chromalaun in die Poren der Kohle ein und verringert ebenfalls die wirksame Oberfläche derselben; überdies enthalten alle Gaskohlen, sowie die künstlich hergestellten etwas Schwefel, was die Bildung des ebenfalls störend einwirkenden Schwefelwasserstoffes zur Folge hat.

Man hat auf verschiedentliche Weise versucht, den hier angedeuteten Schattenseiten dieser inconstanten Elemente zu begegnen; so z. B. hat Böttger (1856) vorgeschlagen, um die Kohle schwefelfrei zu machen, dieselbe vorher in concentrirte Salpetersäure einzutauchen, bis sie von dieser vollkommen durchtränkt ist, sie hierauf gut trocken werden, und mindestens einen Tag an der Luft liegen zu lassen.

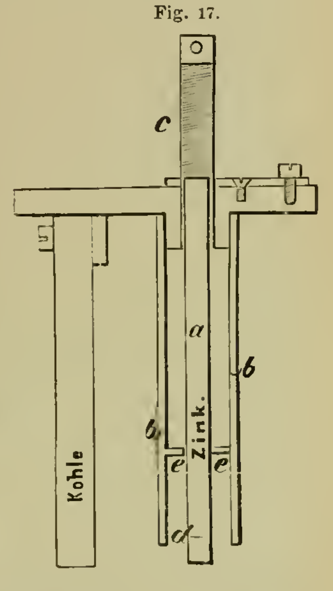
---

[1]) Elektricitätslehre für Mediciner. 3. Aufl., pag. 46.

Um die Gasblasen von den Stromgebern zu entfernen, wurde die Bewegung der Erregungsflüssigkeit während der Thätigkeit des Elementes (Circulation, Agitation) von Chutaux und Camacho. sowie das Einblasen von Luft (Insuffilation) von Grenet und Byrne eingeführt.

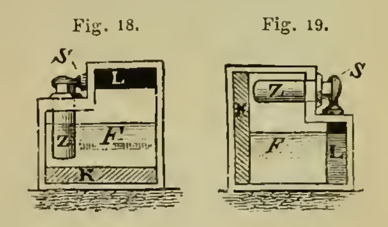
Um die Polarisation des Elementes gleich von vornherein zu beschränken, wurde die negative Elektrode (Kohle) möglichst vergrößert und die positive Elektrode (Zink) möglichst verkleinert, um so die Wasserstoffabscheidung und die Depolarisation in ein richtiges Verhältnis zu einander zu bringen. Diesem Principe folgend, hat z. B. Dr. Spamer das Zink in Form eines unten konisch endigenden Zinkcylinders verwendet, welcher bis auf die konische Spitze mit Asphaltlack überzogen wird, so dass nur die blanke Spitze des Zinkes als wirksame Zinkoberfläche einer großen Kohlenfläche gegenübersteht. Ist das blanke Zinkstück durch die Benützung des Elementes verbraucht, so wird ein entsprechender Theil des lackirten Zinkstabes durch Abschaben des isolirenden Überzuges wirksam gemacht.

Fig. 17.



Hirschmann führt dies Princip in der Art aus, dass er den Zinkstab a (Fig. 17) an ein Messingstück c befestigt und dieses in eine oben verschlossene Hartgummiröhre b b einschraubt. Diese besitzt noch bei e e eine Querwand, durch welche der Zinkstab hindurchgeht. Da diese den Zinkstab umgebende Hartgummiröhre nur unten offen und sonst allseitig luftdicht verschlossen ist, kann die Flüssigkeit (wie bei einer Taucherglocke) nur so weit in dieselbe dringen, als die durch das Versenken des Elementes in die Flüssigkeit in der Röhre comprimirte Luft es gestattet, beiläufig bis d. Ist dieses Stück aufgebraucht, so wird mittels eines Schlüssels das Messingstück, dessen Gewinde luftdicht in den oberen Theil des Hartgummicylinders passt, entsprechend hinabgeschraubt.

Fig. 18. Fig. 19.



Selbstverständlich dürfen die Stromgeber nur während der Zeit der Benützung des Elementes in die Erregungsflüssigkeit tauchen, da sonst auch bei offener Kette Material consumirt würde. Dieser Forderung suchten die Mechaniker und Elektrotechniker in verschiedener Weise zu entsprechen.

Reiniger construirte zu diesem Zwecke eine Neigungs- oder Winkelzelle, die in den Figuren 18 und 19 in und außer Thätigkeit dargestellt ist. Das Element ist in einer Hartgummizelle untergebracht, auf deren Boden die Kohlenplatte K fixirt ist, und von deren vorderer,

oberer, horizontaler Schmalseite bei S der Zinkcylinder Z in das Innere der Zelle ragt. F stellt den Stand der Erregungsflüssigkeit dar und L einen Schlitz in der Scheidewand je zweier benachbarter Zellen (deren fünf gewöhnlich zu einem Zellentroge vereinigt sind), durch welchen die Flüssigkeit beim Umlegen des Zellenkastens in die Stellung, wie Fig. 19 zeigt, in allen Elementzellen communicirt und auf diese Weise in gleicher Concentration und beim Umlegen in die Stellung zum Gebrauche in allen Elementen in gleicher Höhe erhalten wird. S ist ein Luftschlot, durch welchen die gasförmigen Zersetzungsproducte nach außen gelangen können. Als Erregungsflüssigkeit verwendet Reiniger eine Chromsäurelösung mit Schwefelsäurezusatz (1 *l* Erregungsflüssigkeit besteht aus einer wässerigen Lösung von: 50 *g* Acid. chrom. crystallisatum und 50 *g* Acid. sulf.).

Von anderen wurde die Einrichtung getroffen, dass die Stromgeber nur während des Gebrauches, beispielsweise durch Öffnen des Kastendeckels (Voltolini) oder durch das Hinabdrücken der Handhabe (Schulmeister) in die Erregungsflüssigkeit tauchen, während des Nichtgebrauches jedoch durch Schluss des Deckels oder durch Wirkung einer Spiralfeder (beim Aufhören des Druckes) über das Niveau der Kaliumbichromatlösung gehoben werden. Zu gleichem Zwecke wurden auch verschiedene Tauchvorrichtungen (Hebe- und Senkvorrichtung) angegeben.

Durch sämmtliche angeführte Vorkehrungen gelingt es jedoch nicht, das Zink-Kohle-Kaliumbichromat-Element constant herzustellen und haben diese Elemente trotz der vielen Mühe, die ihnen von theoretischer und praktischer Seite zugewendet wurde, nur eine beschränkte Wirkungsdauer. Die große Verbreitung derselben rührt daher, weil sie völlig geruchlos sind, anfänglich eine große Stromstärke besitzen und sich leicht herstellen lassen. Die Materialconsumtion ist jedoch bei diesen Elementen sehr groß. Die Instandhaltung derselben viel kostspieliger als anderer — selbst constanter — Elemente, und die Handhabung (nämlich das Füllen, Reinigen und Entleeren) derselben mit mancherlei Unannehmlichkeiten verbunden. Die Erregungsflüssigkeit ist zwar keine reine Säure, aber eine Säurelösung und zerstört Kleider und Möbel so gut. wie jede concentrirte Säure. Für gewisse Zwecke, z. B. zu kleineren galvanokaustischen Operationen, lassen sich derlei Elemente mit Vortheil verwenden; für jede längere Anwendung hingegen sind dieselben wegen ihrer Inconstanz nicht zu empfehlen und können vortheilhaft durch andere, minder kostspielige Elemente ersetzt werden.

Diesen Zink-Kohle-Elementen ist das Zink-Platin-Kaliumbichromat-Element von Dr. Byrne (in Brooklyn) anzureihen: Um den inneren Widerstand, der in Platinelementen wegen des specifischen Widerstandes des Platins einerseits und wegen der Dünnheit der zur Verwendung gelangenden Platinblechplatten andererseits stets groß ist, möglichst zu verkleinern, löthet Byrne die dünne Platinplatte an eine Kupferplatte und diese an eine Bleiplatte. Der über die Platin- und Kupferplatte hervorragende Rand der Bleiplatte wird über die Kanten der Platin- und Kupferplatte geschlagen und an der Vorderseite der Platinplatte ringsum genau angelöthet. Dieser Rand, sowie die freie Bleifläche

werden sodann mit einem säuresicheren Firnis in mehreren Lagen überzogen. Zwischen zwei solchen Elektromotoren (deren Platinflächen einander zugekehrt sind) lässt sich die Zinkplatte, wie beim Grenet'schen Flaschenelement, auf- und abschieben. Um die Depolarisation möglichst vollständig auszuführen, wird durch ein Gebläse während der Benützung dieses Elementes Luft in die Erregungsflüssigkeit eingeblasen (pneumatisches Element).

Während Poggendorff (1841) die elektromotorische Kraft eines Zink-Platin-Kaliumbichromatlösungs-Elementes um ein Drittel kleiner fand, als die eines Zink-Kohle-Elementes (mit derselben Erregungsflüssigkeit), bestimmte Byrne die elektromotorische Kraft seines Elementes mit 1·97 Volts, die bei längerer Verwendung allerdings auf 1·73 Volts sinkt. Der innere Widerstand eines solchen Elementes schwankt zwischen 0·14 und 0·18 Ohms. (10 derlei Elemente sollen einen 86 *m* langen und 2·1 *mm* dicken Platindraht erglühen machen (— aber für wielange? —)

1837 construirte Hawkins ein der Bunsen-Kette ähnliches Element aus Gusseisenstangen in concentrirter Salpetersäure im Diaphragma gegen Zink in verdünnter Schwefelsäure im Glasgefäße. Diese Kette wurde in der Folge mehrfach modificirt, so z. B. 1840 von Sturgeon, 1841 von Poggendorff, 1842 von Schönbein, 1849 von Münnich, 1855 von Callan, außerdem noch von Bruns u. A.

Zink-Eisenketten haben vor den Grove'schen und Bunsen'schen mancherlei Vortheile; sie sind billiger als beide, das Eisen fester als das dünne Platinblech und die zerbrechliche Kohle: die Anbringung der Ableitungsklemme (die an das Eisen sofort angegossen werden kann) hier leichter, als beim Platin und bei der Kohle; Eisenketten haben einen geringeren inneren Widerstand als Grove- und Bunsen-Ketten und bietet das Eisen vor der Kohle noch den Vortheil, dass es keine Salpetersäure einsaugt und sich leichter reinigen lässt, als jene. Die Benützung des Eisens als negativen Stromgebers beruht auf der Eigenschaft desselben, in concentrirter Salpetersäure sich rasch mit einer Oxydschicht zu überziehen, die das weitere Angreifen seitens der Säure hindert, insofern deren Dichte nicht bis auf 1·3 gesunken ist (Passivität des Eisens). Verliert die Salpetersäure jedoch während der Thätigkeit des Elementes ihre anfängliche Dichte und wird verdünnt (bis auf 1·3 Dichte), so löst sie das Eisen unter Bildung von Untersalpetersäure auf.

Diesem Übelstande suchte Dr. Uelsmann dadurch abzuhelfen, dass er statt gewöhnlichen Gusseisens Siliciumeisen (das bis 12% Silicium enthält) verwendete. Dieses Eisen löst sich nach Angabe Dr. Uelsmanns selbst im gepulverten Zustande weder in concentrirter, noch in verdünnter Salpetersäure und soll in seiner Wirksamkeit dem Platin und der Bunsen'schen Kohle gleich zu stellen sein.

Sturgeon verwendet im Zink-Eisen-Elemente anstatt der concentrirten Salpetersäure eine Mischung von 2 Gwthl. concentrirter Salpetersäure, 4 Gwthl. concentrirter Schwefelsäure und 2 Gwthl. einer gesättigten, wässerigen Kaliumnitratlösung.

Schönbein stellte die Thonzelle, welche das Zink in verdünnter Schwefelsäure enthielt, in gusseiserne Töpfe und trug in letztere eine Mischung von 2 Gwthl. concentrirter Salpetersäure und 1 Gwthl. englischer Schwefelsäure ein. (Letztere sollte die Salpetersäure vor Verdünnung schützen und das durch Depolarisation gebildete Wasser aufnehmen; sie vergrößert jedoch den inneren Widerstand des Elementes.)

Münnich verwendet amalgamirtes Eisen in concentrirter Salpetersäure gegen Zink in verdünnter Schwefelsäure.

Callan verwendet Eisengefäße, in die er concentrirte oder wenig verdünnte Salzsäure bringt und Zink in verdünnter Schwefelsäure im Diaphragma.

Bruns verwendete anfangs gusseiserne Cylinder mit sternförmigem Querschnitt in concentrirter Salpetersäure; vergleichende Untersuchungen ergaben jedoch, dass die Stromstärke dieser Eisenketten bedeutend ansteigt, wenn statt der Eisensterne Eisencylinder mit kreisförmigem Querschnitt verwendet werden, aus welchem Grunde er später nur solche benützte.

Den inconstanten Zink-Kohle-Elementen mit einer Flüssigkeit (Kaliumbichromatlösung) ohne Diaphragma lässt sich noch eine Gruppe inconstanter Elemente, die zumeist dem Volta-Elemente nachgebildet sind, anreihen. Das erste Zink-Kohle-Element mit einer Flüssigkeit (verdünnte Schwefelsäure) wurde 1845 von Leuchtenberg angegeben; Stöhrer änderte es 1849 dahin ab, dass er die verdünnte Schwefelsäure durch Alaunlösung ersetzte. Seither ist eine große Menge ähnlicher Combinationen untersucht worden, ohne dass sich eine derselben behauptet hätte.

1840 stellte Smee ein Element aus einer mit Platinmoor überzogenen gerippten Silberplatte zwischen zwei Zinkplatten in verdünnter Schwefelsäure her. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt sofort nach Schluss 1·2 Volts, sinkt jedoch schon in kurzer Zeit bis auf 0·7 Volts und erhält sich so ziemlich auf 0·47 Volts. Es eignet sich wegen seines geringen inneren Widerstandes (0·5 Ohms) zum Ingangsetzen von Inductionsapparaten.

Werden Smee-Elemente zu diesem oder zu elektro-therapeutischen oder elektrolytischen Zwecken verwendet, so sollen hohe Glasgefäße benützt werden. Am Boden derselben scheidet sich das durch die Thätigkeit des Elementes gebildete Zinksulfat in Krystallen aus; wird das Element längere Zeit benützt, so erreichen die Zinksulfatkrystalle in niedrigen Glasgefäßen die Stromgeberplatten, incrustiren dieselben und vermindern durch kurzen Schluss und Verkleinerung der wirksamen Flächen die Stromstärke des Elementes, indem sich Zink auf die Silberplatte niederschlägt (was immer geschieht, wenn die Elektromotoren mit dem Bodensatze in Berührung kommen, für welchen Fall Zinksulfatlösung statt des Wassers der verdünnten Schwefelsäure durch den Strom zersetzt wird). Die Depolarisation erfolgt in diesem Elemente durch den Sauerstoff der Luft, der von dem Platinmoor auf der Oberfläche der Silberplatte verdichtet wird. Deshalb ist es vortheilhaft, während des Gebrauches die Elementplatten zeitweise aus der Flüssigkeit zu heben (im Nichtgebrauchsfalle müssen die Stromgeber selbstverständlich sich immer außerhalb der Flüssigkeit befinden); auch sollen die Zinke stets

gut amalgamirt sein, damit unnöthiger Materialverbrauch möglichst beschränkt werde. Damit das dünne Silberblech mit den Zinkplatten nicht in metallische Berührung gerathe, werden an mehreren Stellen auf den Rand desselben Korkstückchen gesteckt oder zwischen der Silberplatte und deu Zinkplatten Thonkugeln geschoben.

Auch die Smee-Elemente wurden mehrfach abgeändert; so ersetzte 1859 Walker die platinirte Silberplatte durch platinirte Kohle. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt 0·66—0·9 Volts, der innere Widerstand 1 Ohm.

Frommhold empfiehlt die vom Wiener Genie-Comité (Baron Ebner) angegebene Modification des Smee-Elementes, in welcher die platinirte Silberplatte durch eine platinirte Bleiplatte ersetzt wird; Bruns benützte derartige Elemente zu galvanokaustischen Zwecken.

Tyre hat das Smee-Element dahin abgeändert, dass er in ein gewöhnliches Trinkglas eine platinirte Silberplatte hängt, an der ein Eisendraht mit einer angegossenen Zinkkugel befestigt wird. Auf den Boden des Glasgefäßes wird etwas Quecksilber mit Zinkabfällen gebracht und in das sich bildende Amalgam die Zinkkugel des nächsten Elementes getaucht. Das Glas wird sodann mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Derartige Elemente erfordern keine weitere Mühewaltung und können einmal beschickt in gut schließenden Kästen jahrelang benützt werden.

1879 stellte Maiche ein ähnliches Element zusammen. An dem Ebonitdeckel, der ein gewöhnliches Trinkglas verschließt, hängt ein poröses (durchlöchertes) Gefäß, in welches eine von platinirten Kohlenstückchen umgebene, ebenfalls platinirte Kohlenplatte gestellt wird. Durch den Boden dieses Gefäßes geht eine Hartgummiröhre nach abwärts, die einige *cm* über dem Boden des Glasgefäßes eine mit Quecksilber und Zinkstückchen gefüllte Ebonit- oder Porzellanschale trägt; ein in dieses Zinkamalgam tauchender Platindraht geht durch die Ebonitröhre isolirt nach aufwärts und bildet die Kathodenableitung. Die Anodenableitung wird ebenfalls durch einen (mit den platinirten Kohlen in Verbindung stehenden) Platindraht, der auf den Deckel des Glasgefäßes zu einer Polklemme geführt wird, vermittelt. Das so beschickte Glasgefäß wird nun mit Salmiak oder Natriumbisulfat oder Seesalzlösung oder einfach mit verdünnter Schwefelsäure bis etwa zur Hälfte des die platinirten Kohlen enthaltenden porösen Gefäßes gefüllt. Hiedurch bleibt ein Theil der platinirten Kohlen über der Flüssigkeitsoberfläche stets mit der Luft in Contact, wodurch eine möglichst vollständige Depolarisation erzielt wird. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes soll bei Verwendung von Salmiaklösung 1·15 Volts, bei Benützung von Seesalzlösung hingegen sogar 1·25 Volts betragen. Der innere Widerstand eines solchen Elementes übersteigt nach Angabe des Erfinders nicht 0·50 Ohms. Bei kurzem Schluss vermindert sich die elektromotorische Kraft dieses Elementes rasch, erholt sich jedoch bei Ruhe oder einer Verwendung bei großem äußeren Widerstande rasch wieder.

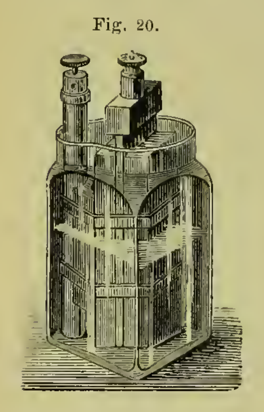
In die letzte Gruppe der hier zu besprechenden Elemente seien jene zusammengefasst, bei denen zur Depolarisation feste Körper (Manganhyperoxyd, Silberchlorid, Quecksilbersulfat, Kupferoxyd etc.) verwendet werden.

Des 1859 von Marié Davy zusammengestellten und u. a. von Gaiffe modificirten (eigentlich hieher gehörigen) Elementes aus amalgamirtem Zink, Kohle und zwischen beiden einem Brei von neutralem Quecksilbersulfat wurde bereits bei Besprechung der Modificationen des Bunsen-Elementes gedacht.

1868 construirte Leclanché ein zu Heilzwecken vielfach verwendetes und mannigfach abgeändertes Element aus Kohle, umgeben von einem Gemenge von Manganhyperoxyd (Braunstein, Pyrolusit) und Kohlenklein im Diaphragma gegen Zink in concentrirter Salmiaklösung. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt (wenn dasselbe nicht polarisirt ist) 1·48 Volts. Der innere Widerstand dieses Elementes soll 5 bis 6 Ohms betragen.

Die Bedingungen für die beste Wirkung dieses Elementes bestehen in Anwendung grobgestoßenen Mangansuperoxyds und grob zerkleinerter Kohlenstückchen zu gleichen Theilen; bei feinem Kohlen- und Braunsteinpulver steigt der innere Widerstand rasch. Im Diaphragma muss die Mischung möglichst compact um die Kohlenplatte eingestampft und von oben auf mit Harz oder Wachs bis auf eine kleine Öffnung zum Austritte der Gase ausgegossen werden. Des ferneren soll das Zink in Form eines 1 *cm* im Durchmesser betragenden wohl amalgamirten (gezogenen und nicht gegossenen) Zinkstabes verwendet und das Glasgefäß nur zur Hälfte oder höchstens zu zwei Drittheilen mit concentrirter Salmiaklösung (aus gereinigtem Salmiak) gefüllt werden. Bei großem äußeren Widerstande arbeitet dieses Element ziemlich lange mit nur unbedeutenden Stromstärkeschwankungen; dagegen polarisirt es sich bei kurzem Schlusse ziemlich rasch, erholt sich aber wieder bei Ruhe oder Einschaltung größerer Widerstände. Um den inneren Widerstand des Elementes möglichst zu verkleinern, hat Leclanché 1878 das Gemisch aus Kohlenklein und Braunstein unter Hinzufügung von 5 Gwthl. Gummilackharz bis auf eine Temperatur von 100° C. erhitzt und unter Anwendung eines Druckes von 300 Atmosphären zu Platten gepresst, die mittels Gummiringen mit der Kohlenplatte verbunden werden. Fig. 20 zeigt ein solches Element, in welchem zwei der eben beschriebenen gepressten Braunstein-Kohlenplatten zu beiden Seiten der Retortenkohlenplatte gelagert und mittels zweier starker Gummiringe mit dem durch einen Holzkeil isolirten Zinkstab zu einem Ganzen verbunden sind. Diese Zusammenstellung besitzt einen geringeren inneren Widerstand, nämlich bei Anwendung einer solchen gepressten Platte 1·5 Ohms, bei Benützung zweier derartiger Platten 1·1 Ohms und bei 3 Platten nur mehr 0·6 Ohms etc.

Fig. 20.



Beetz änderte das Leclanché-Element für medicinische Zwecke ab: in den Boden eines Probirgläschens wird ein Platindraht eingeschmolzen, der nach innen und außen hervorragt. Das untere Drittel dieser Eprouvette wird mit dem bekannten Gemisch aus Braunstein und Kohlenklein gefüllt, die Mündung des Gläschens durch einen Stöpsel verschlossen und durch diesen ein nicht amalgamirter Zinkstab in das-

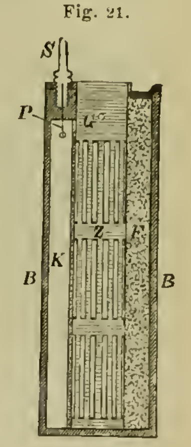
selbe geschoben, nachdem der noch frei bleibende Raum mit Salmiaklösung gefüllt worden war. Diese Elemente polarisiren sich rasch, das sich bildende Zinkchlorid fällt auf die Braunstein-Kohlenschicht und gibt Veranlassung zur Bildung localer secundärer Ketten im Elemente selbst; überdies brechen die Eprouvetten an den Stellen, wo die Platin-Ausleitungsdrähte eingeschmolzen sind, bei Erschütterungen leicht.

Diesem Übelstande haben Mayer und Wolf in Wien abgeholfen, indem sie statt der Eprouvetten starkwandige, oben und unten offene Glasröhren verwenden und dieselben unten durch eine Metallkapsel, in welche der Platindraht eingeschmolzen ist, verschließen; dieser Metallverschluss wird außen und innen mit säuresicherem Lacküberzug versehen. Im übrigen gilt das vom Beetz'schen Element Gesagte.

J. Leiter in Wien modificirte das Leclanché-Element für medicinische Zwecke mehrfach. 1873 verfertigte er die sogenannten Patronelemente: In einem 10 *cm* langen und 3 *cm* im Durchmesser betragenden, oben offenen Hartgummicylinder, dessen Mantelfläche siebartig durchlöchert ist, wird um einen Platindraht das Braunstein-Kohlengemisch gepresst und die Mündung des Cylinders durch Übergießen mit geschmolzenem Wachs oder Asphalt geschlossen. Der Platinausleitungsdraht wird sodann direct an den Zinkstab des nächsten Elementes gelöthet, wodurch die Contactschrauben, an denen leicht Stromesunterbrechungen auftreten, wegfallen. Diese Elektromotoren werden sodann in mit Salmiaklösung halbgefüllte Hartgummizellen derart eingetragen, dass die Patrone in die eine und das mit derselben verbundene Zinkstück in die nächste Zelle gestellt wird.

1882 modificirte Leiter dieses Patronelement, indem er in ein parallelopipedisches Hartgummigefäß B B (Fig. 21) von 16 cm^2 Bodenfläche und 13 *cm* Höhe einen mit kammartigen Schlitzen versehenen Hartgummicylinder Z central einstellte, in die eine Ecke des Zwischenraumes zwischen dem parallelopipedischen Behälter und dem (hier als Diaphragma dienenden) schlitzwandigen Cylinder einen Retortenkohlenstab K einsetzte und den übrigen Theil des Zwischenraumes mit der Braunstein-Kohlen-Mischung F dicht ausfüllte. Der Kohlenstab K steht mittels des Platindrahtes mit einem in einer Verstärkung der Wand dieses Behälters eingeschraubten, konischen Zinnzapfen in leitender Verbindung. Der schlitzwandige Cylinder hat in seinem obersten Theile Löcher, wie z. B. bei G, durch welche die gasförmigen Zersetzungsproducte während der Thätigkeit des Elementes in das Innere dieses Diaphragmas treten können. Das schlitzwandige Diaphragma Z überragt die Braunstein-Kohlenschichte etwas, und ist durch einen eingeriebenen Hartgummideckel luftdicht verschließbar. In dieses Hartgummidiaphragma wird eine 40%ige Salmiaklösung eingetragen und der Zinkstab eingestellt.

Fig. 21.



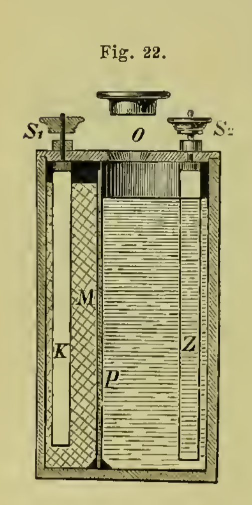
Die Vortheile dieses Elementes erhellen hauptsächlich bei der Zusammenstellung mehrerer derselben zur Batterie. Es sind zu diesem Zwecke nämlich an die Zinkstäbe Kniestücke aus Bankazinn geschraubt, die conische Ringe besitzen und auf den mit der Kohle in Verbindung gesetzten Zinnconus genau passen. Es lassen sich derartige Elemente

mit größter Raumersparnis möglichst nahe aneinander stellen und ohne jede Schraube oder Klemme untereinander zur Batterie verbinden. Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt 1·48 Volts und der innere Widerstand 0·98 Ohms

1883 waren auf der Wiener elektrischen Ausstellung für medicinische Zwecke bestimmte Elemente von Michael Ossipowitsch Dolivo-Dobrovolsky in Odessa ausgestellt, die als eine vortheilhafte Modification des Leclanché-Elementes beschrieben wurden. Um die elektromotorische Kraft des Leclanché-Elementes zu vergrößern, ersetzt Dobrovolsky das Pyrolusit durch Bleisuperoxyd und verwendet, um den inneren Widerstand zu verringern, statt den Retortenkohlenstückchen guten Ceylon'schen Graphit, der mit der depolarisirenden Substanz (Bleisuperoxyd) innig gemischt werden soll. Diese Masse wird um eine Retortenkohlenplatte in einen porösen Thoncylinder fest eingestampft und letzterer mit einer Paraffin-, Wachs- oder Harzschicht verschlossen. Das Zink wird wohl amalgamirt in Stangen- oder Cylinderform angewendet. Eine concentrirte Ammoniumsulfatlösung dient als Erregungsflüssigkeit und soll während des Nichtgebrauches das Zink nicht angreifen. Dobrovolsky widerräth die Anwendung von Salmiaklösung, weil hiedurch lösliches Bleioxyd sich bildet, das, durch die Thätigkeit des Stromes zersetzt, die Entstehung örtlicher Ströme im Elemente zur Folge haben müsste. Die elektromotorische Kraft eines derartigen Elementes gibt Dobrovolsky mit 1·85 Volts an und erwähnt, dass dieselbe bei kurzem Schlusse auf 1·50 bis 1·45 Volts sinke. Der innere Widerstand dieses Elementes soll gering sein, beispielsweise bei einem Elemente von 12 *cm* Höhe und 5 *cm* Durchmesser des Diaphragmas nur 0·12 bis 0·15 Ohms betragen.

Für Zwecke der Elektrotherapie hat Dobrovolsky sehr kleine hermetisch verschlossene Elemente (Fig. 22) hergestellt. In einem cylindrischen Ebonitgefäße ist der innere Raum durch eine Pappscheidewand P in zwei ungleiche Räume abgetheilt; im kleineren befindet sich ein Kohlenstäbchen K, das von der vorhin angegebenen Mischung M umgeben ist. Dieses Kohlenstäbchen ist mittels Platindrahtes mit einer am Deckel befestigten Klemmschraube S_1 leitend verbunden. In die größere Abtheilung des Gefäßes wird durch die verschließbare Öffnung O die Erregungsflüssigkeit eingetragen. Z ist der mit der Klemmschraube S_2 in Verbindung stehende Zinkstab. Derlei Elemente „sollen“ selbst nach $1\frac{1}{2}$—2 Jahren noch functioniren, während welcher Zeit es nur nöthig ist, nach je 2—3 Monaten die Flüssigkeit zu ergänzen. Ein derartiges Element sollte demnach 2 Leclanché-Elementen gleicher Größe entsprechen. Dies die Angaben Dobrovolsky's.

Fig. 22.



Um dieselben zu controliren, ließ ich mir von J. Leiter in Wien zwei gleich große Hartgummizellen fertigen, aus denen ich ein gewöhnliches Leclanché-Element und ein Dobrovolsky'sches herstellte. Ich verwendete für die Dobrovolsky'sche Modification nur chemisch reines Material und verfuhr ganz nach seinen Angaben. Die Vergleiche zwischen diesen beiden Elementen lieferten indes Resultate, die von den Angaben Dobro-

volsky's bedeutend abwichen. Vorerst war die Stromstärke dieses Elementes nicht doppelt so groß, wie die eines Leclanché-Elementes, sondern sie verhielt sich zu dieser nur wie 45 : 30. Bei Einschaltung eines Inductionsapparates erschöpfte es sich schon nach einer Stunde, während das Leclanché-Element selbst nach zwei Stunden noch wirksam war. Durch acht Wochen überließ ich beide Elemente mit in die Flüssigkeit eingestellten Zinken und sonst hermetisch verschlossen der Ruhe und fand nach dieser Zeit das Leclanché-Element noch wirksam, das Dobrovolsky'sche völlig unwirksam. Selbst nach Ergänzung der Flüssigkeit in beiden Elementen zeigte das Dobrovolsky'sche Element nur für kurze Zeit an einem empfindlichen Galvanometer einen rasch zurückgehenden Nadelausschlag. Auch war das Zink in diesem Elemente mehr angegriffen als im Leclanché-Elemente und die Efflorescenzen am Deckel und an den Stellen, wo der Asphaltverschluss an die Hartgummizelle reichte bedeutender als beim Leclanché-Elemente.

Schon vor mehr als 30 Jahren hat De la Rive die Platinplatte eines Smee-Elementes in einer Thonzelle von Bleisuperoxyd umgeben angewendet und die elektromotorische Kraft dieser Zusammenstellung doppelt so groß gefunden, als die des ursprünglichen Smee-Elementes.

Beetz hat die Versuche De la Rive's wieder aufgenommen und zum Gegenstande eifrigen Studiums gemacht und kam zu dem Resultate, dass bei kurzem Schlusse alle Bleisuperoxydelemente sich rasch polarisiren. Auch Mayer und Wolf in Wien haben sich vor Jahren mit diesen Elementen beschäftigt, ohne zu einem befriedigenden Resultate gekommen zu sein. Es steigert sich bei ihnen der innere Widerstand, wahrscheinlich durch Ausscheidung von unlöslichem Bleisulfat, welches die Oberfläche des negativen Elektromotors verkleinert. Es wurde dieses Element eingehender besprochen, weil es beim ersten Versuche mancherlei Vortheile zu bieten scheint, die sich aber schon in kurzer Zeit als illusorisch herausstellen.

Weitere Modificationen des Leclanché-Elementes, beispielsweise die von Binder, Clark, Desruelles, Gaiffe, Howell. Marcus, Muirhead, Tyre u. A., müssen hier übergangen werden.

An die Leclanché-Elemente schließt sich das von Lalande und Chaperon 1882 construirte Kupferoxyd-Element, bestehend aus Zink in einer 30—40%igen Ätzkalilösung und einer von Kupferoxyd umgebenen Eisen- oder Kupferplatte. Das Kupferoxyd dient als Depolarisator und wird durch den Wasserstoff, der bei der Thätigkeit des Elementes frei wird, zum metallischen Kupfer reducirt. Insoferne soll das Element rentabel sein, als seine Unterhaltung sich kostenfrei stellt, da es das wertlose und bei der Verarbeitung des Kupfers in den Walzwerken als Abfallsproduct resultirende Kupferoxyd in wertvolles metallisches Kupfer umwandelt. Dieses kömmt indes nur bei Verwendung vieler oder besonders großer Elemente in Betracht. Bei offener Kette soll kein Materialverbrauch stattfinden: die elektromotorische Kraft dieses Elementes wird mit 0·8—0·9 Volts angegeben. Derlei Elemente müssen jedoch vollkommen hermetisch verschlossen oder Petroleum auf die Flüssigkeit gegossen werden, weil sonst durch den Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft das Ätzkali sich in Kaliumcarbonat umwandeln würde.

Teller in Wien hat auf der Wiener Elektricitäts-Ausstellung 1883 eine Modification dieses Elementes exponirt. Das Kupferoxyd ist bei

diesem Elemente nebst Gaskohlenstückchen in einer Kohlentasse untergebracht und statt der Ätzkalilösung die billigere Ätznatronlösung verwendet. Auch dieses Element muss hermetisch abgeschlossen werden. Die elektromotorische Kraft desselben beträgt mehrseitigen Angaben zufolge 1·38—1·4 Volts und sinkt bei kurzem Schluss nach 20 Minuten auf 1 Volt, erholt sich aber bei offener Kette sehr rasch. Dieses Element ist, wie das vorherige, durch eine dem Daniell'schen Elemente gleich kommende Constanz ausgezeichnet. Vor dem Lalande-Element hat es den Vortheil, dass es in Ruhe das blanke Kupfer wieder oxydirt (weil eine locale Kette zwischen Kupfer und Kohle in Action tritt, wobei das Kupfer oxydirt wird).

Unter den Elementen, in denen die Depolarisation durch feste Körper erfolgt, wären noch die verschiedenen Chlorsilber-Elemente anzuführen.

1868 construirten fast zu gleicher Zeit Warren de la Rue, H. Müller und Pincus aus Zink, Silber, umgeben von Silberchlorid und Salmiaklösung Elemente, deren elektromotorische Kraft circa 1·03 Volts beträgt. Die gewöhnliche Form dieser Elemente besteht darin, dass in den Boden eines Probirröhrchens ein Platindraht eingeschmolzen wird, der in der Eprouvette ein kleines Silberschälchen trägt, in welches gefälltes Chlorsilber gebracht wird; durch den Stöpsel, der das mit Kochsalzlösung gefüllte Probirgläschen verschließt, ragt in das Innere desselben der amalgamirte (oder neuestens auch nicht amalgamirte) Zinkstab. Da aber die Gläschen an den Stellen, wo die Platindrähte eingeschmolzen sind, leicht brechen, werden dermalen durch den das Probirgläschen verschließenden Kautschukstöpsel 2 Drähte gesteckt, an deren einem das mit Silberchlorid gefüllte Silberschälchen und an dem anderen das Zink befestigt sind. Eine andere Ausführung solcher Elemente besitzt ein 14 *cm* hohes und 3 *cm* im Durchmesser betragendes Glasgefäß, in welches ein 15 *cm* langer und 5—6 *mm* dicker nicht amalgamirter Zinkstab, sowie ein in 3 Lagen Pergamentpapier gewickelter 5·4 *cm* langer und 7·6 *mm* dicker Stab aus an einem Silberdraht angeschmolzenem Silberchlorid in einer Salmiaklösung (23 : 1000) eingetragen werden.

Gaiffe hat mehrere Modificationen dieses Elementes ausgeführt. Eine derselben besteht aus einer kleinen, sehr handlichen Hartgummibüchse, durch deren Deckel 2 außen mit Klemmschrauben versehene Drähte nach innen ragen, von denen der eine eine Zinkplatte trägt, auf welche einige Lagen mit Chlorzink befeuchteten Fließpapieres und auf dieses eine gegossene Chlorsilberplatte gelegt werden; der andere Draht bildet die Ableitung von dieser Silberchloridplatte. In einer anderen Modification wird das Chlorsilber auf einen, von Leinwand eingehüllten Kupfertrog gebracht, von welchem ein Draht als Anodenausleitung durch den Deckel der Hartgummibüchse, durch welchen auch der nicht amalgamirte Zinkstab gesteckt wird, nach außen ragt; zur Füllung dieses Elementes dient Kochsalz-, oder Salmiak-, oder Chlorzinklösung (5 : 100). Die elektromotorische Kraft dieses Elementes beträgt ebenfalls 1·02 bis 1·03 Volts.

Gregoire Scrivanow hat ebenfalls ein ähnliches Element construirt. Es besteht aus einer Graphit- oder Kohlenplatte, einer sorgfältig amalgamirten Zinkplatte und einer zwischen beiden einzutragenden teig-

artigen depolarisirenden Schichte, die aus 40 Gwthl. Mercurammoniumchlorid, 12 Gwthl. Natriumchlorid und 1 Gwthl. Silberchlorid bereitet wird. [1]) Die elektromotorische Kraft dieses Elementes soll 1·4 Volts betragen.

Schanschdieff aus London hatte auf der Wiener Elektricitätsausstellung Chlorsilber-Elemente ausgestellt, die aus U-förmig gebogenen Zinkstäben bestanden, in welche die mit Chlorsilber belegten und in mehreren Lagen Pergamentpapier eingehüllten Silberelektroden geschoben wurden. Als Erregungsflüssigkeit dieser ebenfalls in einer Hartgummibüchse eingetragenen Elektromotoren verwendete der genannte Aussteller Ätznatronlösung (wodurch er jede Gasentwicklung vermeiden zu können angibt).

Alle diese Chlorsilberelemente eignen sich vorzüglich zur Herstellung äußerst compendiöser handlicher, transportabler Batterien für medicinische Zwecke. Ich hatte vor Jahren eine derartige Batterie Gaiffe'scher Ausführung in Verwendung, die 40 Elemente enthielt und sammt den Elektroden in einem Mahagoniholzkästchen von circa 24, 20 und 18 *cm* Dimensionen untergebracht war. Allein der Anschaffungspreis dieser Batterien und die hohen Instandhaltungskosten stehen der weiteren Verbreitung derselben im Wege. Eine einmalige Füllung einer solchen aus 40 Elementen bestehenden Batterie kömmt auf 40—50 fl. zu stehen und beträgt die Wirkungsdauer derselben kaum 60 Stunden. Das Zink wird hiebei in Chlorzink umgewandelt und das Chlorsilber zu metallischem Silber reducirt. Freilich kann letzteres wieder verwertet, beziehungsweise in Chlorsilber umgewandelt werden; allein dies ist nicht Jedermann's Sache.

Die sogenannten Accumulatoren oder Secundär-Elemente werden im Capitel über Galvanokaustik besprochen werden.

Einige Winke über Wahl und Behandlung der zu ärztlichen Zwecken verwendbaren Elemente.

Zu ärztlichen Zwecken werden galvanische Ketten vorzugsweise in zweifacher Richtung benützt, und zwar einerseits zur Anwendung bei unverletzter Haut (zu katalytischen oder elektro-therapeutischen Zwecken, für hydro-elektrische Bäder), sowie zur Elektrolyse und andererseits zur Galvanokaustik, Elektroendoskopie, sowie zur Armirung von Inductionsapparaten. Da im ersten Falle immer große Widerstände in den Stromkreis eingeschaltet werden, sind zur Überwindung derselben viele Elemente nöthig, die immerhin klein sein können und selbst einen größeren inneren Widerstand besitzen dürfen. Im zweiten Falle ist der Widerstand des Schließungsbogens im allgemeinen gering, aus welchem Grunde hier Elemente mit einer großen elektromotorischen Kraft und geringem inneren Widerstande (somit großplattige Elemente) zu verwenden

[1]) Die Herstellung dieser depolarisirenden Masse habe ich im XVIII. Bd. von Hartlebens elektrotechnischer Bibliothek: Die Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde, pag. 130, genau angegeben.

sind. Die für galvanokaustische Zwecke, sowie zur Elektroendoskopie und Armirung von Inductionsapparaten nöthigen Stromesquellen werden betreffenden Ortes besprochen werden.

Für den ersten Fall eignen sich Elemente nach Daniell, Leclanché und Smee mit allen ihren Modificationen, sodann Chlorkalk- und Kupferoxyd-Elemente, sowie Quecksilberchlorid-, Silberchlorid- und Chromsäure-Elemente. Übrigens lassen sich unter Umständen Elemente jeglicher Art verwenden, sobald sie nur eine hinreichende Stromstärke liefern und sobald Vorrichtungen getroffen sind, diese Stromstärke entsprechend modificiren zu können. Allein nicht jedes Element wird sich als praktisch erweisen, und zwar schon vom Standpunkte mehr oder minder bequemer Handhabung, größerer oder geringerer Unterhaltungskosten etc. Vom theoretischen Standpunkte lassen sich die guten Eigenschaften, die ein Element besitzen soll [1], in folgende Punkte zusammenfassen: Das Element soll eine möglichst große Stromstärke und einen möglichst kleinen, sich stets gleich bleibenden inneren Widerstand besitzen und in seiner Wirkung constant sein; das Verbrauchsmateriale soll nur wenig kosten und leicht zu beschaffen sein; die chemische Action soll sich möglichst vollständig in Elektricität und nicht, wie bei manchen Elementen, zum Theile direct in Wärme umsetzen, auch soll bei offener Kette kein Materialverbrauch stattfinden; endlich soll die Kette so eingerichtet sein, dass man sie genau überwachen, immer nachsehen, Fehlendes und Verbrauchtes ersetzen könnte. Selbstverständlich existirt kein Element, das alle diese Eigenschaften vereinigen würde. Im übrigen können wir uns für den vorliegenden Fall auch mit Elementen behelfen, die einen großen inneren Widerstand und geringe Stromstärke besitzen: selbst vom Materialverbrauche wird (bis zu einer gewissen Grenze) mit Rücksicht auf die Handlichkeit der Elemente abgesehen werden können. Allein Dauerhaftigkeit, Verlässlichkeit, Constanz und nicht allzu große Complicirtheit in der Construction derselben, so dass der Arzt nicht jeden Augenblick vom Mechaniker abhängen muss, sind als deren unerlässliche Eigenschaften hinzustellen.

Was die Constanz dieser Elemente anbelangt, so ist hierunter nicht jener Grad von Constanz verstanden, wie ihn die Physiker beispielsweise von den Normalelementen, die als Etalons zu elektrischen Messungen und Aichungen verwendet werden, fordern; es genügt vielmehr, wenn ihre Stromstärke für die Zeit der Benützung (im Durchschnitte 10—15 Minuten) bei Einschaltung eines großen äußeren Widerstandes keine erheblichen Schwankungen erleidet; denn obgleich in der Heilkunde häufig von der Anwendung constanter Ströme gesprochen wird, so sind darunter eigentlich doch nur continuirliche Ströme (im Gegensatz von unterbrochenen) verstanden.

Soll ein Element verlässlich in seiner Wirkung sein, so erfordert es vor allem eine sorgsame Behandlung und Überwachung; ohne diese wird selbst das vorzüglichste Element bald vollkommen wirkungslos, wogegen bei hinreichender Aufmerksamkeit selbst minderwertige Elemente oft durch lange Zeit anstandslos benützt werden können. Es ist daher stets darauf zu sehen, dass verbrauchtes Materiale sofort ersetzt

---

[1]) Nach Hospitalier.

werde und die Depolarisation möglichst vollständig vor sich gehe. Verbrauchsmateriale ist in erster Richtung das Zink, das beinahe in jedem Elemente als positiver Elektromotor verwendet wird und dessen Auflösung die Quelle der elektromotorischen Kraft repräsentirt, und in zweiter Richtung die depolarisirende Substanz, welche den bei der Zinkauflösung freigewordenen Wasserstoff bindet und ihn hindert, die Oberfläche des negativen Elektromotors zu verkleinern (das Element zu polarisiren): selbstverständlich wird auch die das Zink auflösende Substanz erneuert werden müssen.

Käufliches Zink ist selten rein, was die Bildung localer, secundärer Ketten im Elemente, Schwächung der Stromstärke und Aufzehrung des Zinkes selbst bei offener Kette zur Folge hat. Diesem Übelstande sucht man seit 1828 durch die von Kemp vorgeschlagene Amalgamirung der Zinkoberfläche zu begegnen. Hiedurch wird die Spannungsdifferenz des Zinkes erhöht, die wirksame Oberfläche desselben in eine gleichartige Substanz (Zinkamalgam) umgewandelt, die Rauhigkeiten vermindert und der Zinkverbrauch beschränkt. Nur in solchen Elementen wird nicht amalgamirtes Zink verwendet, in denen der Zinkstab oberhalb der depolarisirenden Substanz in einer Erregungsflüssigkeit ohne Diaphragma angewendet wird (beispielsweise in den Beetz'schen und einigen Chlorsilber-Elementen), weil durch das Abträufeln des Quecksilbers hier erst recht Veranlassung zur Bildung secundärer Ketten im Elemente gegeben würde. Sonst soll das Zink stets sorgfältig amalgamirt angewendet werden.

Zur Vornahme der Amalgamirung des Zinkes gibt es mehrere Methoden. Eine der einfachsten besteht darin, die zu amalgamirenden Zinke vorerst in verdünnte Schwefelsäure einzutauchen, bis sie überall eine metallische Oberfläche aufweisen, und sodann regulinisches Quecksilber tropfenweise auf die Zinkoberfläche zu gießen und durch vorsichtiges Neigen und Wenden des Zinkes über dessen ganzer Oberfläche auszubreiten. Hat das Zink allseits einen glänzenden Quecksilberspiegel erhalten, so verreibe man das locker der Oberfläche anhaftende Quecksilber mit einem Leinwand- oder Wollappen, einem Holzstäbchen oder einer Bürste und spüle hierauf das amalgamirte Zink im Wasser ab. Das hiebei abtropfende Quecksilber kann gesammelt und bei Wiederholung der Amalgamirung verwendet werden. Besser geht die Amalgamirung noch vor sich, wenn man die gereinigten Zinke vor dem Auftragen des Quecksilbers vorerst noch erwärmt, in welchem Falle das Quecksilber nicht nur der Zinkoberfläche anhaftet, sondern tiefer in dasselbe eindringt.

Es hat diese Methode indes mancherlei Misstände im Gefolge; beim Verreiben des Quecksilbers mit einem Lappen oder einer Bürste werden die der Zinkoberfläche anhaftenden Reste der zur Reinigung derselben verwendeten verdünnten Schwefelsäure umhergeschlendert und ruiniren mindestens die Kleider, können übrigens auch gesundheitsschädlich wirken. Das Quecksilber verdunstet schon bei gewöhnlicher Temperatur, in höherem Grade jedoch bei vorangegangener Erwärmung der Zinke sowie beim Verreiben und wirken die Quecksilberdünste giftig.

Aus diesem Grunde wurden andere Methoden der Amalgamirung ersonnen, die von diesen Übelständen frei sind. So setzt man in Elementen mit zwei Flüssigkeiten, wie z. B. den Bunsen'schen, Grove'schen, Daniell-schen etc. der verdünnten Schwefelsäure, in welche das Zink gestellt wird,

eine Messerspitze voll Quecksilberchlorids hinzu, das durch die Thätigkeit des Elementes zersetzt wird, wobei Selbstamalgamirung der Zinke vor sich geht. Auch der Zusatz von neutralem Quecksilbersulfat erfolgt aus demselben Grunde.

Voltolini [1]) empfiehlt nach den Erfahrungen, die er im chemischen Laboratorium des Geheimrathes Prof. Löwig gesammelt, die Zinke vorerst in verdünnter Schwefelsäure zu reinigen, dieselben sodann im Wasser abzuspülen und in eine concentrirte Sublimatlösung (Hydrarg. bichlor. corros. 1 : 18 Theilen kalten Wassers) einzutauchen, einige Minuten oder nach Bedarf etwas länger in derselben zu belassen und sodann nochmals für einige Secunden in verdünnte Schwefelsäure zu stellen und im Wasser abzuspülen, wodurch eine vollkommene Amalgamirung erzielt wird.

Mehrseitig wird die Amalgamirungsflüssigkeit nach Beriot empfohlen. Diese besteht aus 12 Gwthl. Quecksilber, welches in einer Mischung von 15 Gwthl. concentrirter Salpetersäure und 45 Gwthl. concentrirter Salzsäure oder in 60 Gwthl. Königswasser unter gelinder Erwärmung gelöst wird, welcher Lösung sodann noch weitere 60 Gwthl. concentrirter Salzsäure hinzugesetzt werden. In diese Lösung taucht man den Zinkcylinder, selbst ohne ihn früher zu reinigen, für einige Secunden ein und spült ihn sodann in reinem Wasser ab. Ich löse zu diesem Zwecke, wie ich bereits 1878 mittheilte [2]), 500 *g* Quecksilber in 625 concentrirter Salpetersäure und setze der Lösung noch partieweise 1875 *g* concentrirter Salzsäure zu. Die beiden Säuren dürfen nicht vorerst gemischt und erst hernach das Quecksilber eingetragen werden, weil sonst eine allzu lebhafte chemische Action unter massenhafter Entwicklung von Untersalpetersäure und Überschäumen der ätzenden Flüssigkeit eintritt. Man erkennt, ob das Zink gut amalgamirt ist, wenn dasselbe, in verdünnte Schwefelsäure getaucht, sich auf seiner ganzen Oberfläche gleichmäßig mit Wasserstoffblasen bedeckt und nicht nur an einer Stelle, vorzugsweise wie metallisches Zink, das in verdünnter Schwefelsäure unter starkem Aufbrausen Wasserstoffblasen erzeugt, die unter zischendem Geräusch aufsteigen.

Die verdünnte Schwefelsäure kann durchschnittlich 8—12mal gebraucht werden. Man wendet gewöhnlich eine 5—10%ige Schwefelsäurelösung an.

Bei Verdünnung der Schwefelsäure muss man vorsichtig sein und die Schwefelsäure in das Wasser, und zwar in kleinen Partien unter fortwährendem Umrühren, womöglich in einem irdenen oder hölzernen Gefäße, aber ja nicht umgekehrt Wasser in die Schwefelsäure gießen. Es tritt nämlich bei Mischung von Schwefelsäure und Wasser eine hochgradige Erwärmung der Flüssigkeit ein; würde man Wasser in concentrirte Schwefelsäure gießen, so würde der erste Wassertropfen sofort in Dampf von hoher Spannung umgewandelt werden und die Schwefelsäure umherschleudern, wobei ungünstigerweise Tropfen concentrirter Schwefelsäure in das Auge gelangen könnten.

Die Salpetersäure soll für die Eisenelemente, wofern nicht Siliciumeisen angewendet wird, immer concentrirt sein; für Grove'sche und Bunsen'sche Elemente, sowie deren Modificationen genügt käufliche Salpetersäure und kann solange angewendet werden, bis ihre Dichte auf 1·25 sinkt.

---

[1]) Voltolini, Die Galvanokaustik bei Kehlkopf-, Rachen- und Mundkrankheiten. 2. Aufl., pag. 23.

[2]) Die Anwendung der Elektricität in der praktischen Heilkunde von Dr. Rudolf Lewandowski, pag. 14.

Durch Zusatz von concentrirter Schwefelsäure kann man momentan die Salpetersäure concentriren, indem die Schwefelsäure ihr einen Theil des Wassers entzieht. Hiedurch steigert sich aber der innere Widerstand. Eine andere Methode, während der Benützung derartiger Elemente die Salpetersäure noch gebrauchsfähig zu erhalten, besteht im Zugießen concentrirter (eventuell rauchender) Salpetersäure. Dies kann jedoch nur während der Benützung der Elemente platzgreifen und sollte nie gleich bei Füllung derselben vorgenommen werden. Im Gegentheil gehört für eine verlässliche Wirkung frische Salpetersäure oder eine solche, die noch eine Dichte von 1·4 besitzt.

Die belästigende Untersalpetersäure kann durch luftdichten Abschluss der Elemente zum größten Theile zurückgehalten werden oder man verwendet lieber längere Zuleitungsdrähte und stellt derlei Elemente in einem vom Operationszimmer getrennten Raume auf. Man kann sich auch durch Zusatz einiger Krystalle von Kaliumbichromat helfen, wodurch die Untersalpetersäure wieder zu Salpetersäure umgewandelt wird, während die Zersetzungsproducte des Salzes in der Flüssigkeit sich lösen, allein hiedurch wird die Stromstärke etwas vermindert.

Beim Füllen dieser Elemente beachte man die bereits gegebene Weisung, zuerst die Schwefelsäure und hernach die Salpetersäure einzufüllen; beide Flüssigkeiten sollen annähernd gleich hoch stehen.

Die Kupfersulfatlösung soll concentrirt angewendet werden. Man erhält die Concentration durch Eintragen überschüssiger Kupfervitriolkrystalle.

Ein analoger Vorgang nützt jedoch nichts bei der Kaliumbichromatlösung, sondern muss im Gegentheil ein bestimmtes Verhältnis zwischen Kaliumbichromat, Schwefelsäure und Wasser eingehalten werden (das bei jeder Sorte dieser Elemente schon vorher genau angegeben wurde). Wirksamer als Kaliumbichromatlösung erweist sich eine Chromsäurelösung mit Schwefelsäurezusatz (Füllung der Reinigerschen Winkelzellen).

Die Kaliumbichromatlösung kann solange verwendet werden, bis sie grünlich gefärbt erscheint. (Die klare, durchsichtige, orangerothe Lösung wird sofort nach Stromesschluss undurchsichtig dunkelbraun und nimmt mit fortschreitender Zersetzung endlich ein grünliches Colorit an.) Bei kleinzelligen Elementen (beispielsweise Reinigers Winkelzellen — kleines Format — oder Dr. Spamers Zink-Kohle-Elementen) muss die Erneuerung der Flüssigkeit nach 3—4maligem Gebrauche der Batterie vorgenommen werden. In Elementen, die ein größeres Flüssigkeitsvolum besitzen, dauert die Verwendbarkeit der Kaliumbichromatlösung länger an. Die Kaliumbichromatkrystalle löse man in heißem Wasser auf oder verreibe dieselben vorsichtig mit der entsprechenden Menge concentrirter Schwefelsäure in einer Reibschale und löse sodann diese Masse im Wasser. Beim Zerreiben oder Pulverisiren muss man vorsichtig sein, damit nicht Kaliumbichromatpulver auf die Lidschleimhäute oder auf die Hornhaut, noch in den Respirationstract gelange, weil es heftige Entzündungen der Schleimhäute erzeugt. Überdies muss man bei Manipulationen mit Kaliumbichromat oder Kaliumbichromat-Lösungen sehr sorgsam und vorsichtig umgehen, weil die durch diese Substanzen an Möbeln, Kleidern und Wäsche erzeugten Flecken unanstilgbar sind.

In Leclanché-Elementen verwende man eine concentrirte Salmiaklösung, enthalte sich jedoch des Eintragens gar zu großer Mengen von Salmiakkrystallen in die Elementgläser. Die Salmiaklösung soll das

Glasgefäß, in welches das Diaphragma mit dem Braunstein-Kohlengemisch gestellt wird, nicht etwa erfüllen, sondern höchstens nur zwei Drittheile des Glases einnehmen.

Sind die Zinkstäbe, Zinkcylinder oder Zinkblöcke in den Elementen verbraucht, so ersetze man dieselben durch gezogene Stäbe, durch Cylinder aus gewalztem Zinkblech und womöglich durch aus gewalzten Barren geschnittene Zinkblöcke, und nicht durch gegossene Zinkstäbe oder Zinkcylinder. Die Zinkblöcke für die Siemens-Halske'schen Elemente werden leider zumeist gegossen. Gegossenes Zink ist porös und wird viel rascher zerstört, erfordert auch viel öfteres Amalgamiren als gepresstes, gewalztes oder gezogenes Zink.

Ein besonderes Augenmerk ist den Ableitungen der Elemente zu widmen; an Metallen sollten dieselben direct gelöthet oder genietet und gelöthet werden, wenn nicht wenigstens die Klemmschrauben gleich aus einem Stücke (mit den Stromgebern) hergestellt werden können. Wegen der Anbringung der Ableitungen an den Kohlen wurde bereits das Nöthige gesagt. Aufgabe des Arztes wird es sein, die Klemmen und Contactstellen sorgsam zu überwachen und dieselben vor Oxydation zu schützen, da diese die häufigste Ursache der Stromesunterbrechungen bildet. An Elementen, wo die Oxydation der Contactstellen durch gasförmige Zersetzungsproducte der Erregungsflüssigkeiten unvermeidlich ist, müssen dieselben durch Platinüberzug geschützt werden (so an allen Elementen, in denen concentrirte Salpetersäure verwendet wird). Das Nähere hierüber wird noch bei Besprechung der zu ärztlichen Zwecken geeigneten Batterien nachgetragen werden.

Bei Elementen, in denen Thonzellen benützt werden, ist diesen auch Aufmerksamkeit zuzuwenden. Vor allem anderen verwende man nur Thon- und nicht Porzellanzellen, weil letztere zu porös sind. Die Thonzellen sollen weder zu dicht, noch zu porös sein.

Man prüft sie (nach Clemens[1]), indem man dieselben vorerst 48 Stunden lang in Regenwasser stehen lässt, sodann mit Wasser füllt, mit Glasdeckeln zudeckt und 48 Stunden lang sich selbst überlässt. Diejenigen Thonzellen, in denen das Wasser nach dieser Zeit gleichen Stand hat, die also in gleicher Weise durchlässig sind, sollen verwendet und alle anderen, die sich als zu dicht oder zu porös erweisen, ausgeschieden werden. Die Zellen der Daniell-Elemente sollen allabendlich in Wasser gestellt und über Nacht darin belassen werden.[2]) Die Zellen der Bunsen- und Grove-Elemente können, wenn sie Tag für Tag durch mehrere Stunden benützt werden, mit der Salpetersäure gefüllt bleiben; man stellt sie im Nichtgebrauchsfalle in leere Glasgefäße und sieht zugleich an dem Durchsickern der Salpetersäure, ob sie noch brauchbar sind. Werden diese Elemente aber nicht alltäglich benützt, so sollen die Thonzellen auch jedesmal nach dem Gebrauche gut ausgewässert werden.

Thonzellen bedingen zum großen Theile den inneren Widerstand der

---

[1]) Clemens: Über die Heilwirkungen der Elektricität. Frankfurt a. M. 1876 bis 1879, pag. 737.

[2]) Recht praktisch ist es, in das Auslaugwasser der Daniell'schen Elemente Zinkabfallstreifen einzustellen und das Wasser ein ganz klein wenig mit Schwefelsäure anzusäuern. Die Zinkstreifen schlagen den in die Diaphragmen eingedrungenen Kupfervitriol an sich nieder und nehmen sogar das anwachsende Kupfer an den Diaphragmen weg. Man muss jedoch achtgeben, dass diese Zinkstreifen die Diaphragmen nicht berühren.

Elemente, und zwar haben kleinere Thonzellen einen größeren Widerstand als große. Folgende Tabelle gibt die Dimensionen und Widerstände dreier gebräuchlicher Modelle [1]) an:

	kleines Modell	mittleres Modell	großes Modell
Durchmesser der Thonzellen in *cm* .	5·5	6·5	8
Höhe derselben in *cm*	12	14	14
Widerstand derselben in Ohms . . .	9—10	5—6	4

Hat man keine vorräthigen Thonzellen und kann eine solche nicht sofort beschaffen, so ersetze man eine unbrauchbar gewordene provisorisch durch ein Papierdiaphragma. Dieses stellt man durch Falten von Pergamentpapier ohne eine Naht (wie ein Filter) her. Soll die Zelle parallelopipedisch sein, so kommen die Falten an die Schmalseiten; für runde Zellen faltet man das Papier über einen entsprechenden Cylinder (z. B. ein Trinkglas), so dass alle Falten bis zum oberen Rande verlaufen; hier können dieselben durch einen umgeschlungenen Bindfaden zusammengehalten werden.

Was die Stromstärke der Elemente anbelangt, so ist noch zu erwähnen, dass dieselbe bei constanten Elementen mit zwei Flüssigkeiten gewöhnlich erst einige Zeit nach dem Füllen ihren Höhepunkt erreicht; so nimmt beispielsweise die Stromstärke der Siemens-Halske'schen Elemente im gefüllten Zustande mit der Zeit noch um einen ansehnlichen Bruchtheil ihrer anfänglichen Intensität zu. Bei inconstanten Elementen sinkt die Stromstärke mit der Zunahme der Polarisation.

Bei Besprechung der einzelnen Elemente wurde die elektromotorische Kraft derselben zumeist angegeben. Diese Angaben sind Mittelwerte oder sie beziehen sich auf frisch gefüllte Elemente. Untersucht man ein und dasselbe Element zu verschiedenen Zeiten, so gelangt man zu verschiedenen Resultaten. Gewöhnlich ist die Oberflächenbeschaffenheit der Elektromotoren oder die Zusammensetzung und Dichte der Erregungsflüssigkeiten die Schuld hievon. So z. B. besitzt das Grove-Element bei verschiedenen Dichten der Schwefel- und Salpetersäure (nach Poggendorff) folgende elektromotorische Kräfte:

Dichte der Schwefelsäure	Dichte der Salpetersäure	elektromotorische Kraft in Volts
1·136	rauchende	1·955
1·136	1·33	1·809
1·060	1·33	1·730
1·136	1·19	1·681
1·060	1·19	1·631

Was die engere Wahl der Elemente zu elektrotherapeutischen und elektrolytischen Zwecken unter den eingangs dieses Capitels als hiezu geeignet angeführten anbelangt, so ist vor allem anderen ein Unterschied zu machen, ob sie für stabile oder für transportable Batterien gehören. Für stabile Batterien eignen sich die Modificationen des Daniell-Elementes am besten. Ich kenne in dieser Hinsicht kein Element, das zu gedachtem Zwecke das Siemens-Halske'sche über-

[1]) Nach Hospitalier, pag. 181.

treffen würde. Freilich darf man auch diese Elemente nicht vollständig sich selbst überlassen und muss wenigstens dafür sorgen, dass das Herauskrystallisiren der Salze [1]) und das Austrocknen der Elemente hintangehalten werde, alle Jahre einmal die Zinke frisch amalgamiren und die Kupfervitriollösung durch Ersatz der aufgelösten Krystalle immer concentrirt erhalten. Diese geringe Mühe lohnen die Elemente durch Zuverlässigkeit der Wirkung und unübertroffene Constanz. Sind die Stationärbatterien vollständig stabil, so können auch Meidinger- und Callaud-Elemente in allen ihren Modificationen mit Vortheil verwendet werden; zu transportablen Batterien eignen sich jedoch die letzteren gar nicht, die Siemens'schen viel weniger als manche inconstante Elemente. Hiezu sind die Leclanché-Elemente mit ihren verschiedenen Modificationen in erster Richtung empfehlenswert. Ihnen schließen sich die Stöhrer'schen und alle analogen Elemente, sowie die Chromsäure-Elemente an. Wo es nicht auf den Kostenpunkt ankömmt, sind Chlorsilber-Elemente allen übrigen für transportable Batterien unbedingt vorzuziehen.

Übrigens kann, wie schon erwähnt wurde, jede beliebige Stromesquelle zu Heilzwecken verwendet werden, sofern sie nur einen hinreichenden Strom liefert und Einrichtungen getroffen sind, die Stromstärke nach Bedarf modificiren zu können.

Wirkungen des galvanischen Stromes.

Die Wirkungen des galvanischen Stromes stimmen im wesentlichen mit den Wirkungen der Reibungselektricität überein. Auch hier unterscheiden wir vor allem physikalische, chemische und physiologische Wirkungen. Die physiologischen, chemischen und einen Theil der physikalischen Wirkungen, nämlich die mechanischen, optischen und thermischen, bringt die galvanische Elektricität im Schließungsbogen hervor; die elektrischen, magnetischen und dynamischen Wirkungen der galvanischen Elektricität sind dagegen Fernwirkungen und äußern sich außerhalb des Stromkreises.

Die physiologischen Wirkungen werden in der zweiten Abtheilung abgehandelt; die chemischen Wirkungen (Elektrolyse, Polarisation, Wanderung der Jonen), sowie die magnetischen Wirkungen (Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom und Elektromagnetismus) wurden bereits besprochen; es erübrigt somit nur noch in Kürze der mechanischen, thermischen, optischen, dynamischen und elektrischen Wirkungen des galvanischen Stromes zu gedenken.

Die mechanischen Wirkungen des galvanischen Stromes im Schließungsbogen sind entweder moleculare oder molare. Die molecularen Wirkungen äußern sich zumeist in der Structurveränderung der vom Strome durchflossenen Leiter; so verändern Kupferdrähte, die häufig vom Strome durchflossen wurden, mit der Zeit ihren Leitungswiderstand;

---

[1]) Um das lästige Überwuchern der Krystalle zu verhindern, bestreiche man die Glasränder der Batteriegläser mit geschmolzenem Paraffin.

Telegraphendrähte unterliegen nach längerer Zeit infolge der durch den Strom gesetzten Molecularveränderungen häufiger dem Zerreißen als nach dem Durchmesser derselben anzunehmen wäre; auch während des Stromdurchganges wurde durch genaue Untersuchungen eine merkliche Abnahme der Festigkeit und Elasticität, sowie Verlängerung der in den Schließungsbogen eingeschalteten Drähte nachgewiesen etc.

Als Beispiele für die molare Wirkung der galvanischen Elektricität sind anzuführen die elektrische Osmose, d. i. die Überführung von Flüssigkeiten durch poröse Scheidewände von der Anode zur Kathode, der Transport von Kohlentheilchen im Davy'schen Lichtbogen vom positiven zum negativen Pol u. s. w.

1863 brachte Quincke in eine wenig geneigte enge Capillarröhre, in welche zwei Platindrähte eingeschmolzen waren, einen kleinen Flüssigkeitsfaden und leitete durch diesen mit Hilfe der beiden eingeschmolzenen Platindrähte einen galvanischen Strom; war der untere, tiefere Platindraht mit der Anode verbunden, so wurde der Flüssigkeitsfaden in der Richtung des positiven Stromes nach aufwärts verschoben. Auf diese Erscheinung lässt sich auch die elektrische Osmose zurückführen und als Transport der Flüssigkeitstheilchen durch viele Capillarröhren auffassen. Schiebt man in eine U-förmig gebogene Glasröhre einen den Wandungen derselben eng anschließenden, mit Zinksulfatlösung getränkten Pfropf aus Thon oder Papiermaché bis an die Knickungsstelle, so dass derselbe eine poröse Scheidewand zwischen beiden Schenkeln bildet, und füllt in letztere bis zu gleicher Höhe concentrirte Zinkvitriollösung, leitet sodann mittels wohl amalgamirter Zinkelektroden (zur Vermeidung der Polarisation) einen intensiven Strom hindurch, so wird man nach einiger Zeit wahrnehmen, dass die Flüssigkeit in jenem Schenkel, in welchem die Kathode sich befindet, höher steht, als in dem anderen (in welchen der Strom eintritt). Es findet also vom positiven zum negativen Pol durch die poröse Scheidewand eine Überführung von Flüssigkeit statt. Dies kann indes auch bei zersetzbaren (der Elektrolyse unterliegenden) Flüssigkeiten beobachtet werden.

Elektrische Osmose findet bei den meisten Applicationen des galvanischen Stromes auf die unverletzte Haut statt, und wurde sowohl zur Einführung medicamentöser Substanzen in den Organismus, sowie zur Entfernung von Giften aus dem Organismus verwertet.

Der thermischen Wirkungen des galvanischen Stromes wurde bereits in der Einleitung zum Galvanismus gedacht, und zwar bei Besprechung der Wärmeentwicklung in der offenen Kette (infolge Umsetzung elektrischer Energie in Wärme). Schaltet man in den Stromkreis einer großplattigen Kette mit geringem inneren Widerstand eine feine Neusilberdraht-Spirale ein, taucht dieselbe in ein mit absolutem Alkohol gefülltes Gefäß und schließt den Strom, so wird man an einem in die Flüssigkeit gestellten Thermometer schon nach kurzer Zeit eine Temperaturerhöhung wahrnehmen. Während der elektrischen Ausstellung 1883 in Wien haben Max Jüllig und Hermann Altschul in der südwestlichen Halbgallerie der Rotunde nach diesem Principe eingerichtete elektrische Kochapparate exponirt.

Benützt man als Schließungsbogen einer großplattigen Kette (mit geringem wesentlichen Widerstande) einen feinen Platindraht, so wird derselbe bei Stromesschluss erglühen. Aus ähnlichen Versuchen haben Joule (1841), Lenz (1844) und Ed. Becquerel (1848) die durch

den galvanischen Strom in einer bestimmten Zeit im Stromeskreise entwickelte Wärmemenge berechnet und gefunden, dass dieselbe dem Leitungswiderstande des Stromkreises und dem Quadrate der Stromstärke proportional sei.

Da in diesem Ausdrucke ($WI^2 = WI \times I$) nach dem Ohm'schen Gesetze ($I = \frac{E}{W}$, somit $WI = E$) statt des Productes aus dem Gesammtwiderstande und der Stromstärke (IW) die elektromotorische Kraft der Stromesquelle (E) gesetzt werden kann, lautet dieses Gesetz auch in anderer Fassung: Die im Stromeskreise producirte Wärmemenge ist der elektromotorischen Kraft und der Stromstärke (Volt-Ampère oder Watt) proportional. Hieraus folgt, dass bei gleichbleibender elektromotorischer Kraft die entwickelte Wärmemenge der Stromstärke und der Stromesdauer proportional zunimmt; da andererseits der Zinkverbrauch im Elemente ebenfalls der Stromstärke und der Zeit proportional ist, so schloss Favre (1854), dass die gesammte, im Stromeskreise auftretende Wärmemenge gleich derjenigen ist, die durch Verbrennung des Zinkes entsteht. Dieses Gesetz wurde in der letzten Zeit zur Erklärung der chemischen Vorgänge in den verschiedenen Ketten und zur Berechnung der elektromotorischen Kräfte derselben herangezogen und zu erweisen gesucht, dass die gesammte, nach einem bestimmten Schema berechnete Verbindungswärme sich in elektromotorische Kraft umsetze. Dieses stimmt auch wirklich für einige Elemente und liefert eine große Stütze für die chemische Theorie des Galvanismus; allein es stimmen nicht bei allen Elementen die beobachteten und berechneten Werte für die elektromotorischen Kräfte und hat es somit den Anschein, dass die chemischen Vorgänge im Elemente entweder von dem supponirten Schema abweichen, oder aber, dass sich ein Theil der chemischen Action direct in Wärme umwandle.

Was die Temperaturerhöhung eines in den Schließungsbogen eingeschalteten Drahtes durch die in demselben (entsprechend seinem Widerstande und der Intensität der Stromesquelle) freiwerdende Wärmemenge betrifft, so ist dieselbe, genauen Untersuchungen zufolge, dem Quadrate der Stromstärke und dem specifischen Leitungswiderstande dieses Drahtes direct und dem Wärme-Ausstrahlungsvermögen, sowie der dritten Potenz des Durchmessers desselben verkehrt proportional. Überdies hängt die Temperatur der durch den galvanischen Strom erwärmten Drähte nach Grove (1847) noch von der materiellen Beschaffenheit des den Draht umgebenden Mittels ab, (so glüht z. B. unter gleichen Verhältnissen ein Platindraht an freier Luft, während derselbe, in eine Wasserstoff-Atmosphäre gebracht, sofort zu glühen aufhört, weil letztere [nach Clausius, 1853] ein größeres Wärmeleitungsvermögen besitzt als die atmosphärische Luft).

Galvanisch glühende Platindrähte finden in der Galvanokaustik und Elektroendoskopie ihre Anwendung. Auf gleiche Weise erglühende Kohlenfäden werden zur Herstellung elektrischer (Glühlicht-) Lampen, die auch in der Heilkunde Anwendung finden, benützt.

Diese glühenden Platindrähte und Platindrahtspiralen, sowie die glühenden Kohlenfäden der Incandescenz-Lampen illustriren zugleich die optischen Wirkungen des galvanischen Stromes, die in dem Davy'schen Lichtbogen ihren Culminationspunkt erreichen.

Werden die Poldrähte einer großplattigen Batterie mit geringem inneren Widerstande mit dünnen Stäben aus Retortenkohle verbunden, so erglühen die bei Stromesschluss miteinander in Berührung gebrachten Enden dieser Kohlenstäbe; entfernt man dieselben sodann um ein geringes voneinander, so entsteht zwischen denselben ein intensiv leuchtender Bogen.

Die dynamischen Wirkungen des galvanischen Stromes bestehen darin, dass elektrische Ströme aufeinander oder auf Magnete oder diese umgekehrt auf elektrische Ströme bewegend einwirken.

Ist ein vom Strom durchflossener Leiter (Schließungsbogen) oder ein Magnet beweglich eingerichtet, so werden diese seitens eines fixen, ebenfalls von einem Strome durchflossenen Leiters oder von einem fixen Magnete je nach der Stromesrichtung oder Polstellung angezogen oder abgestoßen. Ampère fand (1820) diesbezüglich folgende Gesetze: *a)* Parallele Ströme ziehen einander an, wenn sie gleichgerichtet sind und stoßen einander ab, wenn sie entgegengesetzt gerichtet sind; *b)* gegen einen Punkt convergirende oder von einem Punkte aus divergirende Ströme ziehen einander an; hingegen findet zwischen zwei Strömen, von denen der eine nach einem Punkte hingeht, von welchem sich der andere entfernt, Abstoßung statt. Aus diesem Gesetze folgt, dass sich gekreuzte Ströme einander parallel zu stellen suchen, dass die hintereinander liegenden Theile eines und desselben Stromes einander abstoßen, dass zwei Spiralströme (Solenoide) einander abstoßen oder anziehen, je nachdem sie mit den gleichnamigen oder ungleichnamigen Enden einander gegenüber stehen etc.

Wird eine Kupfer- und eine Zinkplatte durch einen Kork geschoben und an der Oberseite des Korkes durch einen rechteckig oder kreisrund gebogenen Kupferdraht verbunden und werden diese Platten in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäß gestellt, so dreht sich dieser vom Strome durchflossene Schließungsbogen so lange, bis er sich senkrecht auf den magnetischen Meridian stellt. Ein um eine verticale Achse bewegliches Solenoid stellt sich wie eine Declinationsnadel in die Nord-Südrichtung, hingegen ein um eine horizontale Achse bewegliches wie eine Inclinationsnadel gegen den Horizont geneigt. Dabei hat das Solenoid, wie bei Besprechung der Elektromagnete erwähnt wurde, an dem Ende seinen Südpol, an welchem der Strom im Sinne des Uhrzeigers kreist und am entgegengesetzten den Nordpol. Es wirken solche Solenoide auch wie Magnete aufeinander und werden auch von Magneten wie Magnete angezogen und abgestoßen, erweisen sich somit als Magnete.

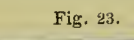
Hierauf gestützt, haben Ampère (1826) und Weber (1846) den Magnetismus auf derartige Kreisströme zurückgeführt, indem sie annahmen, dass ein Magnet aus Molecularmagneten zusammengesetzt sei, deren Magnetismus darin seinen Grund habe, dass sie von Elementarströmen umkreist werden. Sind diese Elementarströme in allen Elementarmagneten einander parallel, so erscheint der Körper magnetisch; sind dagegen diese Elementarströme in den einzelnen Molecularmagneten nicht alle einander parallel, so erscheint der Körper unmagnetisch.

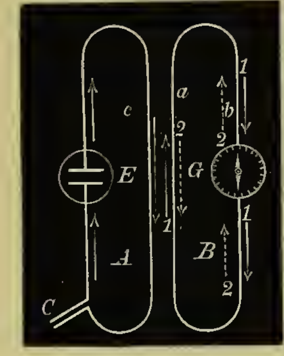
Von der Einwirkung des elektrischen Stromes auf bewegliche Magnete (Ablenkung der Magnetnadel) wurde bereits früher gesprochen.

Die elektrischen Wirkungen des galvanischen Stromes äußern sich in der Induction elektrischer Momentanströme in benachbarten geschlossenen Leitern, was des näheren im folgenden Capitel behandelt werden wird.

Inductionselektricität.

Es sei B, Fig. 23, ein in sich geschlossener guter Leiter der Elektricität, beispielsweise ein Kupferdraht, dessen gerade gestreckte parallele Theile a und b in den magnetischen Meridian des Ortes eingestellt sind und G ein über dem Schenkel b gelagertes Galvanoskop; E sei ferner ein galvanisches Element, A dessen Schließungsbogen und C eine Vorrichtung zur Schließung und Öffnung des Stromes; c und a seien endlich einander parallel und möglichst genähert, jedoch gegeneinander wohl isolirt. Ist in A die Kette E offen, so wird die Nadel des Galvanoskops in der Nord-Südrichtung in Ruhe verharren, beziehungsweise auf Null einspielen. Wird bei C die Kette geschlossen und kreist in A der Strom in der durch die Pfeile angedeuteten Richtung, so wird im Momente des Stromesschlusses die Galvanoskopnadel mit ihrem Nordende nach Westen abgelenkt werden; öffnet man hierauf bei C den Kettenstrom, so erfolgt abermals eine Ablenkung der Magnetnadel, diesmal jedoch in entgegengesetzter Richtung.


Fig. 23.



Es entsteht somit in B, so oft in E der Strom geschlossen wird, ein diesem entgegengesetzter und im Momente, als in E der Strom geöffnet wird, ein ihm gleichgerichteter, kurzdauernder, elektrischer Strom.

Die Hervorrufung derartiger Momentanströme in einem, dem Schließungsbogen eines galvanischen Elementes benachbarten, geschlossenen guten Leiter der Elektricität durch Schließung und Öffnung des Stromes in diesem Elemente nennt man elektrodynamische Induction oder auch Volta-Induction.

Den in A circulirenden galvanischen Strom nennt man den Hauptstrom, den in B bei Stromesschluss in E auftretenden, dem Hauptstrome entgegengesetzten, in der Richtung der Pfeile 1 verlaufenden Momentanstrom den Schließungs-Inductionsstrom, und den beim Öffnen des Hauptstromes in B entstehenden, jenem gleich-

gerichteten, in der Richtung der punktirten Pfeile 2 fließenden Momentanstrom den Öffnungs-Inductionsstrom.

In B werden indes ganz in derselben Weise Momentanströme inducirt, so oft der von einem galvanischen Strome durchflossene Schließungsbogen dem geschlossenen Leiter B genähert, beziehungsweise von ihm entfernt wird. Die Näherungsströme verlaufen dann in B in der Richtung der Pfeile 1, die Entfernungsströme hingegen in der Richtung der Pfeile 2 (vorausgesetzt, dass der Hauptstrom noch die früher angedeutete Richtung besitzt). Auch die Verstärkung und Schwächung des in A circulirenden Stromes ruft ganz in derselben Weise in B Momentanströme hervor, die in den vorbesprochenen Richtungen verlaufen.

Nach der im vorigen Capitel angedeuteten Ampère-Weber'schen Theorie über das Wesen des Magnetismus sollte anstatt des inducirenden galvanischen Stromes auch ein Magnet verwendet werden können; dies ist denn auch thatsächlich möglich. Nähert man nämlich dem geschlossenen Leiter B rasch einen Magnet oder entfernt ihn von demselben, so werden hiedurch in B ebenfalls einander entgegengesetzte Momentanströme erregt. Diese sind beim Annähern entgegengesetzt, beim Entfernen gleichgerichtet den supponirten Molecularströmen im Magnete, beziehungsweise jenen Strömen, die um einen weichen Eisenkern geleitet werden müssten, um diesen in einen Elektromagnet zu verwandeln. In gleicher Weise wirkt das Entstehen oder Vergehen des Magnetismus, die Zu- oder Abnahme desselben in einem Eisenkörper auf einen in der Nähe befindlichen geschlossenen guten Leiter der Elektricität inducirend ein.

Die Erregung elektrischer Momentanströme in geschlossenen guten Leitern der Elektricität durch Magnete (nämlich durch Annäherung oder Entfernung von Magneten durch das Entstehen oder Vergehen, sowie durch das Zu- oder Abnehmen des Magnetismus in der Nähe geschlossener Elektricitäsleiter) wird im Gegensatze zur Erregung von Inductionsströmen durch den galvanischen Strom Magneto-Induction genannt.

Die soeben beschriebenen Experimente gelingen, in der angegebenen Weise ausgeführt, nur bei Anwendung eines sehr empfindlichen Galvanoskopes oder wenn die nebeneinander parallel ausgestreckten Drähte sehr lang sind. Aus diesem Grunde verwendet man seit jeher zu diesen und ähnlichen Versuchen, sowie zur Herstellung entsprechender Inductionsapparate Drahtspulen, die aus parallel neben- und übereinander verlaufenden Windungen eines wohl isolirten Drahtes (der in beliebiger Länge über eine Pappe- oder Holzröhre [Spule] gewickelt wird) hergestellt sind. Es können hiebei entweder beide Drähte nebeneinander auf eine und dieselbe Spule gewickelt werden, oder aber werden zwei separate Spulen, die ineinander zu schieben sind, angefertigt. Von solchen übereinander verschiebbaren Spulen vertritt die innere gewöhnlich die Rolle des Schließungsbogens A für den inducirenden Hauptstrom, während die äußere dem geschlossenen guten Leiter der Elektricität B, in welchem die inducirten Ströme verlaufen, entspricht.

Sowohl die Volta-Induction, als auch die Magneto-Induction wurden von Faraday in den Jahren 1831 und 1832 entdeckt und in seinen Experimentical Researches Ser. I und Ser. II, sowie im 24. und 25. Bd. der

Pogg. Ann. publicirt. Auch diese Entdeckung war keine zufällige, sondern eine planmäßige Verfolgung eines Versuches, den Arago schon im Jahre 1824 angestellt hatte, der darin bestand, dass eine in Schwingungen versetzte Magnetnadel viel schneller zur Ruhe kam, wenn sie über einer Metallfläche, als wenn sie über einem Nichtleiter sich befand, sowie dass eine Magnetnadel, in deren Nähe eine Metallscheibe rotirt wurde, hiedurch von ihrer Lage abgelenkt ward, beziehungsweise ebenfalls in Rotation versetzt werden konnte. Arago nannte diese Erscheinungen Rotationsmagnetismus.

Diese und ähnliche Versuche beschäftigten in der Folge zahlreiche Physiker, u. A. Ampère, Babage, Bacelli, Colladon, Christie, Duhamel, Faraday, Herschel, Nobili, Pohl, Prevost, Seebeck etc. Aber erst Faraday gelang es, alle einschlägigen Versuche zu erklären und die Gesetze der Volta- und Magneto-Induction auszusprechen und zu begründen.

Diesem genialen Forscher zu Ehren nennt man daher auch die inducirten Ströme im Gegensatz zu den galvanischen kurzweg faradische Ströme und die Anwendung derselben in der Heilkunde Faradisation.

Schließt man den Strom eines galvanischen Elementes durch eine Drahtspirale, schiebt über dieselbe eine zweite Drahtspirale und führt die freien Enden der letzteren zu einem Galvanoskop oder Galvanometer, so nimmt man jedesmal bei Schließung und Öffnung des Kettenstromes entgegengesetzt verlaufende Ablenkungen der Magnetnadel wahr. Führt man die Enden dieser Spiralen an den menschlichen Körper, so empfindet derselbe bei jeder Öffnung und Schließung Erschütterungen. Es bleibt jedoch die Galvanometernadel während des Stromesschlusses in Ruhe und findet unter gleichen Umständen auch keine Erschütterung des menschlichen Körpers statt, zum Beweise, dass die inducirten Ströme nur Momentanströme sind.

Um häufig aufeinanderfolgende Schließungen und Unterbrechungen des inducirenden Hauptstromes herbeizuführen, bedient man sich am einfachsten eines metallischen Zahnrades, das mittels einer Kurbel rasch rotirt werden kann, und das man derart in den Schließungsbogen des Hauptstromes einschaltet, dass der eine Theil dieses Schließungsbogens zur Achse des Zahnrades, der andere Theil hingegen zu einer auf den Zähnen desselben schleifenden Metallfeder geführt wird. Bei rascher Rotation des Zahnrades wird durch den abwechselnden Contact zwischen den aufeinander folgenden Zähnen des Zahnrades und der Metallfeder der Strom geschlossen und jedesmal, wenn die Feder bei der Rotation zwischen zwei Zähne tritt, unterbrochen.

Im Jahre 1834 machten Jenkins und Masson die Beobachtung, dass, wenn sie den Strom der durch eine lange Drahtspirale geleitet wurde, unterbrachen, sie einen Öffnungsfunken erhielten, der stärker war, als der Öffnungsfunke der inducirenden Stromesquelle selbst; sie fanden weiters, dass dieser Öffnungsfunke desto intensiver wurde, je länger der Draht der Spirale war; 1837 zeigte Masson, dass, wenn man den durch eine lange Drahtspirale kreisenden Strom an zwei Stellen ableitete und die Enden dieser Ableitungen mit dem menschlichen Körper in Verbindung brachte, dieser bei jeder Öffnung eine Erschütterung verspürte; schaltete Masson in die Drahtspirale ein

Zahnrad zum Zwecke rasch aufeinander folgender Schließungen und Öffnungen ein, so nahm der menschliche Körper eine ganze Reihe von Erschütterungen wahr. Während aber die genannten Experimentatoren diesen Erscheinungen gegenüber rathlos waren, erklärte sie *Faraday* für Inductionserscheinungen. *Wird ein durch eine Drahtspirale kreisender Strom geöffnet, so wirkt das plötzliche Aufhören des Stromes in einer Windung auf die benachbarte inducirend ein und erregt in derselben dem vorher Gesagten zufolge einen gleichgerichteten Momentanstrom; diese Ströme der einzelnen Windungen summiren sich und erzeugen den Öffnungs-Inductionsfunken oder die Öffnungs-Inductionserschütterung, die selbstverständlich umso intensiver auftreten wird, aus je mehr Windungen die Drahtspirale bestand, weil dementsprechend auch die Summe der Partialströme eine größere wird.* Es wirken somit auch die Windungen einer und derselben Drahtspirale aufeinander inducirend ein, und zwar nicht nur beim Öffnen, sondern, wie *Faraday* durch einschlägige Experimente nachwies, auch beim Schließen des Hauptstromes. *Faraday* nannte diesen in der inducirenden Spule auftretenden Inductionsstrom zum Unterschiede von dem in der zweiten Spule erregten den *Extrastrom* (*Extracurrent*), welche Bezeichnung sich auch bis auf den heutigen Tag erhalten hat.

In der Folge bezeichnete man den Extracurrent auch als den *primär inducirten Strom*, zum Unterschiede von dem in der zweiten Spirale erregten, der demzufolge auch *secundär inducirter Strom* genannt wurde. Die erste Spule, durch welche der inducirende Hauptstrom fließt und in welcher der primäre Strom erregt wird, heißt demnach auch kurzweg die *Primärspule*, die andere die *Secundärspule*.

Schon *Faraday* erkannte, dass durch Vereinigung der Magneto-Induction mit der Volta-Induction die inducirten Ströme bedeutend verstärkt werden. In einfachster Weise führte er diese Vereinigung aus, indem er in die primäre Spirale einen weichen Eisenkern schob. Bei Stromesschließung wurde dieser zum Elektromagnete, bei Stromesöffnung verschwand der Magnetismus und es wirkte das Entstehen und Vergehen des Magnetismus in diesem Eisenkerne ganz in derselben Weise wie die Schließung und Öffnung des Hauptstromes auf die Secundärspirale inducirend ein, da dem vorher Gesagten zufolge durch das Entstehen und Vergehen oder die plötzliche Annäherung und Entfernung eines Magnetes in einem benachbarten geschlossenen guten Elektricitätsleiter Momentanströme inducirt werden, die im ersten Falle (Annäherung des Magnetes oder Entstehen des Magnetismus) entgegengesetzt, im letzteren Falle (nämlich Entfernung des Magnetes oder Verschwinden des Magnetismus) gleichgerichtet sind jenem Strome, der nöthig wäre, um aus einem weichen Eisenkerne einen gleichen Magnet zu erzeugen, also entsprechend den durch den inducirenden und zugleich magnetisirenden Hauptstrom erregten Inductionsströmen. Es werden sich somit die hiebei auftretenden Volta-Inductionsströme mit den gleichzeitig erregten Magneto-Inductionsströmen summiren.

Während bei Einschaltung des menschlichen Körpers in den Kreis des secundären Inductionsstromes Öffnungs- und Schließungserschütte-

rungen empfunden werden und die Öffnungs- und Schließungsströme entgegengesetzt verlaufen, kommt unter gleichen Umständen (wenn nicht besondere Vorrichtungen an den betreffenden Inductionsapparaten angebracht sind) beim Extrastrom nur die Öffnungserschütterung zur Wahrnehmung, weil der Schließungs-Extracurrent sich in der Primärspirale selbst, allwo er geringeren Widerstand findet, abgleicht (hiebei den inducirenden Hauptstrom, dem er entgegengesetzt verläuft, sowie den von diesem in der Secundärspule erregten Schließungs-Inductionsstrom schwächend).

Beim secundär inducirten Strom kann somit von der Stromesrichtung keine Rede sein, weil die Öffnungs- und Schließungsströme immer einander entgegengesetzt verlaufen. Beim Extracurrent hingegen können für gewöhnlich (wenn nämlich nur die Öffnungs-Inductionsströme benützt werden) allerdings noch die Pole unterschieden werden, in welchem Falle sodann gleichgerichtete Inductionsströme zur Wirkung gelangen. Wird jedoch die später anzuführende Helmholtz'sche Vorrichtung verwendet, so wechselt auch beim Extracurrent die Stromesrichtung bei jeder Unterbrechung.

Bei den Magneto-Inductionsströmen hingegen hängt es nur von der Einrichtung des Apparates ab, ob er gleichgerichtete oder entgegengesetzt verlaufende Inductionsströme liefert.

Um übrigens den zeitlichen Verlauf der Inductionsströme, sowie die Beziehungen, von denen die Intensität derselben abhängt etc., des näheren darstellen zu können, muss vorerst das

Princip der Einrichtung eines Volta- und eines Magneto-Inductionsapparates

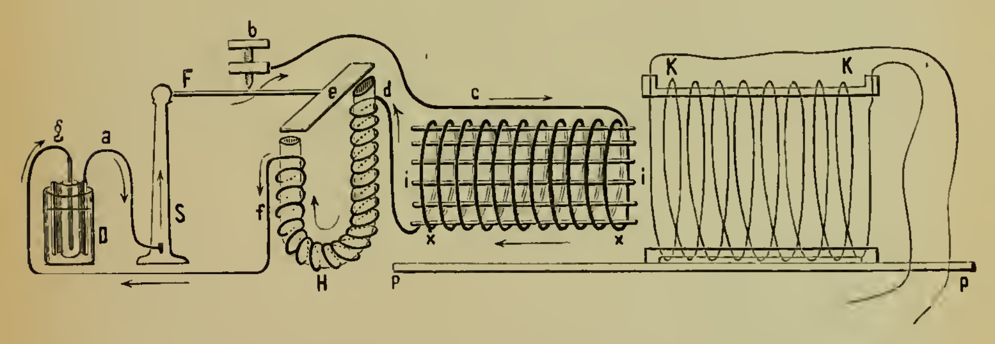
besprochen werden.

Zu einem **Volta-Inductionsapparat** gehören dem bereits Gesagten zufolge: ein galvanisches Element als inducirende Stromesquelle, eine Unterbrechungsvorrichtung, die primäre und secundäre Spirale, sowie der Eisenkern. Diese Bestandtheile sind aus der schematischen Fig. 24, welche den vorzüglichsten unter allen bisher bekannt gewordenen Inductionsapparaten, nämlich den Dubois-Reymond'schen Schlitten-Magnetelektromotor, darstellt, klar und deutlich zu ersehen. Die inducirende Stromesquelle ist hier durch das Daniell'sche Element D, die Unterbrechungsvorrichtung durch den Wagner'schen Hammer S, F, H, die Primärspirale durch die Drahtrolle $x\,x$, die Secundärspirale durch die Drahtspule $K\,K$ und der Eisenkern durch die einzelnen Eisenstäbe $i\,i$ dargestellt.

Die Secundärspirale KK ist auf der Schlittenbahn $p\,p$ über die Primärspirale $x\,x$ verschiebbar eingerichtet und besteht aus bedeutend dünneren Drähten, denn die letztere. Der Strom der inducirenden Kette D kreist durch die Primärspirale und die Unterbrechungsvorrichtung; diese besteht aus dem Metallständer S, der die federnde Metallspange F trägt,

an deren vorderem Ende sich ein querer Anker aus weichem Eisen *e* befindet, welcher über den beiden Polen eines kleinen hufeisenförmigen Elektromagnetes *H* schwebt, sowie aus der Contactschraube *b*. Der inducirende Strom verlässt bei *a* das Element *D*, tritt in der durch die Pfeile angedeuteten Richtung in den Metallständer *S*, gelangt von hier in die federnde Metallspange des Wagner'schen Hammers *F*, übergeht an der Contactstelle derselben in die Schraube *b*, um von hier durch den Verbindungsdraht *c* in die Windungen der Primärspirale *xx* geleitet zu werden, nach deren Durchströmung er auf seinem weiteren Wege von *d* bis *f* den weichen Eisenkern des hufeisenförmigen Hammer-Elektromagnetes *H* umkreist und schließlich von *f* nach *g* zum Elemente zurückkehrt. Hiedurch wird der weiche Eisenkern *H* magnetisch, zieht den ober ihm schwebenden Anker *e* des Wagner'schen Hammers an und unterbricht durch das Entfernen der federnden Metallspange *F* von der Spitze der Contactschraube *b* den Strom; infolge dieser Stromesunterbrechung wird der weiche Eisenkern *H* wieder unmagnetisch, vermag somit den Anker *e* nicht mehr anzuziehen, der nun durch die Federkraft der Metallspange *F* emporgehoben wird, bis diese wieder die

Fig. 24.



Contactspitze der Schraube *b* berührt, wodurch der inducirende Hauptstrom abermals geschlossen wird. Durch den erneuten Stromesschluss wird der Eisenkern des Hammer-Elektromagnetes abermals magnetisch, zieht den Anker *e* neuerdings an und unterbricht wieder den inducirenden Hauptstrom, verliert infolge dessen abermals seinen Magnetismus, und kann aus diesem Grunde den Anker *e* wieder nicht mehr anziehen, der durch die Federkraft der Metallspange *F* emporgehoben wird, wodurch in der angegebenen Weise neuerlicher Stromesschluss bewirkt wird, dem sofortige Stromesunterbrechung u. s. w. folgt.

Der inducirende Hauptstrom der Kette *D* besorgt mithin automatisch die aufeinander folgenden Schließungen und Öffnungen, durch welche eben in der Secundärspirale *KK* die in ihrer Richtung wechselnden Momentanströme inducirt werden. Durch die aufeinander folgenden Stromesschließungen und Stromesöffnungen wird andererseits auch der aus einzelnen gegeneinander isolirten Stäben bestehende weiche Eisenkern abwechselnd magnetisch und unmagnetisch, wodurch abermals in der Secundärspirale Ströme inducirt werden, die jedoch mit den vom Hauptstrome erregten gleichen zeitlichen Verlauf und gleiche Rich-

tung haben, sich somit mit diesen, wie vorhin bereits besprochen, summiren.

Die Anzahl der in der Zeiteinheit stattfindenden Stromesintermissionen hängt von der Schnelligkeit des Spieles des Wagner'schen Hammers ab, die schon an der hier vorgeführten Einrichtung und in noch weit höherem Grade an einigen späteren Modificationen desselben sich beliebig modificiren und reguliren lässt. Wird nämlich die Contactschraube *b* höher gestellt, so hat der Hammerstiel *F* bei seinem Auf- und Niedergehen einen größeren Weg zurückzulegen, in welchem Falle die Stromesintermissionen seltener stattfinden werden, als wenn man diese Contactschraube tiefer stellt, wodurch dann der Weg der federnden Metallspange *F* kleiner wird, infolge dessen in derselben Zeit mehr Unterbrechungen erfolgen müssen als vorher.

Inductionsströme mit rascheren Intermissionen äußern eine intensivere physiologische Wirkung auf den in ihren Kreis eingeschalteten menschlichen Körper als Inductionsströme mit minder raschen Intermissionen. Die Intensität der Ströme der Secundärspirale hängt weiters von der Stromstärke der inducirenden Stromesquelle, vom Eisenkerne, sowie von der Beschaffenheit und gegenseitigen Stellung der beiden Inductionsspiralen ab. Unter sonst gleichen Umständen ist nämlich der Secundärstrom am intensivsten, wenn die Secundärspule ganz über die Primärspule geschoben ist und wird bei Entfernung der Rollen voneinander rasch schwächer. Dies hat darin seinen Grund, weil im ersten Falle (wo die Secundärspule ganz über die primäre geschoben ist) alle Windungen der Primärspirale auf alle Windungen der Secundärspule inducirend einwirken, im letzteren hingegen (wenn nämlich die Secundärspirale von der primären entfernt wird) die Windungen der Primärspirale nur auf eine geringere Anzahl von Windungen der Secundärspirale (nämlich soviel von letzterer noch über die erstere geschoben erscheinen) wirken können. Hieraus folgt, dass durch Vermehrung der Windungen der Secundärspirale die Inductionsströme derselben verstärkt werden können, was auch aus dem Gesetze über die Abhängigkeit der Größe der elektromotorischen Kraft, welche die Inductionsströme der Secundärspirale in Bewegung setzt, erhellt. Dieses Gesetz lehrt, dass die elektromotorische Kraft der Ströme der Secundärspirale der Stromstärke des inducirenden Hauptstromes und dem Quadrate des Leitungswiderstandes der Secundärspirale, somit nahezu dem Quadrate der Windungszahl direct, dagegen der Zeitdauer des inducirten Stromes umgekehrt proportional ist. Hieraus folgt zugleich, dass rasch verlaufende Inductionsströme unter sonst gleichen Umständen intensiver sind, als langsamer verlaufende (beziehungsweise rascher und langsamer intermittirende).

An Stelle eines soliden Eisenkernes oder eines geschlossenen Eisencylinders wird ein Bündel gegeneinander wohl isolirter Eisendrähte oder ein geschlitztes Eisenrohr als weicher Eisenkern verwendet. Dies hat in den auch im Eisenkerne (wenn er einen in sich geschlossenen Metallkörper darstellt) auftretenden Inductions-Phänomenen seinen Grund. Ist nämlich der in die Primärspirale geschobene Eisenkern ein in sich metallisch geschlossener Körper, so werden seitens der Primärspirale auch in ihm (als einem benachbarten geschlossenen guten Leiter der Elektricität) gerade so wie in der Secundärspirale Momentanströme von

gleicher Richtung und gleichem zeitlichen Verlaufe inducirt. Diese im Eisenkerne erregten Inductionsströme wirken nun ihrerseits auch auf die Secundärspirale inducirend ein, erregen aber selbstverständlich in dieser Ströme, die den von der Primärspirale inducirten entgegengesetzt gerichtet sind. Die Inductionsströme sind somit unter sonst gleichen Umständen bedeutend intensiver, wenn der weiche Eisenkern der Primärspirale kein in sich geschlossener Eisenkörper ist, aus welchem Grunde er aus einzelnen wohl ausgeglühten Holzkohlen-Stabeisen-Drahtstücken, die an ihrer Oberfläche mit einer isolirenden Lackschicht überzogen sind, hergestellt wird. Diese gegeneinander isolirten Eisenstäbe werden am vortheilhaftesten in ein Bündel vereinigt und mittels einer Fassung aus Holz, Ebonit oder einem anderen isolirenden Material zusammengehalten.

In welch hohem Grade ein in die Primärspirale eingeschobener, in sich geschlossener Metallkörper auf die Ströme der Secundärspule abschwächend einwirkt, ersicht man am besten, wenn man zwischen Eisenkern und Primärspirale ein geschlossenes Kupfer- oder Messingrohr schiebt; durch das Vorschieben eines solchen Rohres wird die Intensität der Ströme der Secundärspirale rasch und im hohen Grade verringert. Man verwendet aus diesem Grunde auch einen derartigen zwischen Eisenkern und Primärspirale (oder aber zwischen den beiden Spiralen) verschiebbaren Metallcylinder als M o d e r a t o r zur Regulirung der Intensität der inducirten Ströme.

Vergleicht man den Effect der Volta-Induction mit dem Effecte der Magneto-Induction nach den physiologischen Wirkungen der Secundärspirale, so wird man finden, dass das Entstehen und Verschwinden des Magnetismus im Eisenkern der Primärspule auf die Secundärspirale viel stärker inducirend einwirkt, als die Schließung und Öffnung des inducirenden (und magnetisirenden) Hauptstromes. Die Inductionsströme der Secundärspirale nehmen daher rasch ab, wenn man den Eisenkern aus der Primärspule herauszieht.

Der Strom der Secundärspirale ist somit am intensivsten, wenn das Eisendrahtbündel in die Primärspirale und über diese die Secundärspirale ihrer ganzen Länge nach geschoben ist, so dass die Mitten der Länge aller drei genau übereinander zu stehen kommen; diese Ströme werden vermindert durch Verschiebung (Entfernung) der Secundärrolle (Rollenabstand), sowie durch Herausziehen des Eisenkernes oder durch Einschieben eines Moderators. Diese Inductionsströme werden weiters verstärkt durch Verstärkung der Intensität der inducirenden Stromesquelle, durch Vermehrung der Anzahl der Windungen der Secundärspirale; vermindert hingegen werden die secundären Inductionsströme noch durch Verminderung der Stromstärke des inducirenden Hauptstromes durch allzu viele Windungen der Secundärspule (wegen des rasch zunehmenden Widerstandes in derselben), sowie durch Einschaltung von Widerständen (zumal von Flüssigkeitsrheostaten). Zu erwähnen ist noch, dass die Ströme einer Secundärspirale aus sehr dünnen Drähten an den menschlichen Körper applicirt, in viel höherem Grade Schmerzen verursachen, als die Ströme einer aus dickerem Drahte gefertigten Secundärspirale von gleicher Windungszahl.

Im Bisherigen wurde bei Erklärung der Fig. 24 nur von den Inductionsströmen der Secundärspirale KK (somit lediglich von den so-

genannten secundär inducirten Strömen) gesprochen. Der Extracurrent (der primär inducirte Strom, auch Strom der Primärspirale genannt) müsste bei *c* und *d* abgeleitet werden. Für ihn gilt so ziemlich dasselbe, was vom secundären Inductionsstrom gesagt wurde. Auch er wirkt intensiver bei rascher aufeinander folgenden Intermissionen des Kettenstromes bei größerer Stromstärke desselben bei gänzlich eingeschobenem Eisenkern. Seine Intensität wird verringert durch Verminderung der Intensität des inducirenden Hauptstromes, durch Ausziehen des Eisenkernes, durch Anwendung eines Moderators, sowie durch Einschaltung von Widerständen. Als Moderator kann auch die in sich metallisch geschlossene Secundärspule verwendet werden; je mehr dieselbe in diesem Zustande über die Primärspule geschoben wird, desto mehr wird die Intensität des Extracurrents vermindert.

Es muss ausdrücklich erwähnt werden. dass, so oft hier bei Besprechung der Inductionsströme des Intensitätswertes derselben Erwähnung geschah, immer nur einzig und allein die physiologische und nicht etwa die elektrische, magnetische, chemische etc. Wirkung derselben verstanden wurde. Die von dem hier beschriebenen Apparate gelieferten Inductionsströme äußern nur sehr schwache chemische und thermische Wirkungen. Für Zwecke der Technik hingegen gibt es Inductionsapparate, welche ausschließlich zu chemischen Wirkungen (Elektrolyse, Galvanoplastik, Bleicherei etc.) oder zu Beleuchtungszwecken benützt werden. Das magnetische Maß der Intensität der Inductionsströme ist durchaus nicht entsprechend der physiologischen Wirkung derselben, was durch einfache Experimente sich beweisen lässt, indem Inductionsströme, die eine bedeutende physiologische Wirkung entfalten, oft genug auf die Magnetnadel gar nicht einwirken, wogegen andererseits wieder Inductionsströme, die eine hochgradige Ablenkung der Magnetnadel verursachen, physiologisch geprüft, kaum empfunden werden.

Der Dubois-Reymond'sche Schlittenapparat (wie der in Fig. 24 dargestellte Inductionsapparat auch kurzweg genannt zu werden pflegt) liefert in der beschriebenen Einrichtung nur Öffnungs-Inductionsströme der Primärspirale. Vergleicht man bei verlangsamtem Spiel des Wagner'schen Hammers den physiologischen Effect des Schließungs- und Öffnungs-Inductionsstromes der Secundärspirale, so erscheint der secundäre Schließungs-Inductionsstrom gegen den secundären Öffnungs-Inductionsstrom in seinem zeitlichen Verlaufe verzögert, sowie von geringerer Intensität. Der Grund dieser Erscheinung liegt in der Beeinflussung der secundären Inductionsströme seitens des Extracurrents. Der Schließungs-Extracurrent verläuft nämlich dem inducirenden Hauptstrome entgegengesetzt und schwächt denselben, indem er sich in den Windungen der Primärspirale abgleicht, in denen auch der Hauptstrom kreist; der inducirende Hauptstrom kann somit nicht mit einem Male seine ganze Intensität erreichen, sondern braucht hiezu eine gewisse Zeit, was die Ursache der Verzögerung des Schließungs-Inductionsstromes der Secundärspirale ist; zugleich wirkt der Schließungs-Extracurrent aber auch auf die Secundärspirale in entgegengesetztem Sinne als der von ihm schon abgeschwächte Hauptstrom inducirend ein, worin sowohl die Verzögerung wie auch die Abschwächung des Schließungs-Inductionsstromes der Secundärspirale ihren Grund hat. Der Öffnungs-Extracurrent dagegen kann sich im metallischen Schließungsbogen (nämlich in der Primärspirale)

nicht abgleichen, weil ja an der Contactstelle der Schraube *b* (somit eben in diesem Schließungsbogen) die Stromesunterbrechung stattfindet. Es kann somit der Öffnungs-Extracurrent weder auf den Hauptstrom schwächend, noch auf den Öffnungs-Inductionsstrom der Secundärspirale verzögernd oder schwächend einwirken; während somit der inducirende Strom nur allmählich seine volle Intensität beim Schließen erreicht, verschwindet er beim Öffnen plötzlich, was den kürzeren zeitlichen Verlauf des secundären Öffnungsstromes bedingt. Wird hingegen am Wagner'schen Hammer die sogenannte Helmholtz'sche Vorrichtung angebracht, so wird hiedurch auch der Öffnungs-Inductionsstrom der Secundärspirale verzögert und abgeschwächt.

Diese Vorrichtung, die speciell zu physiologischen Zwecken von Helmholtz angegeben wurde, um annähernd gleich rasch verlaufende und gleich intensive Schließungs- und Öffnungsströme der Secundärspirale zu erhalten und die für die Zwecke der Praxis vollkommen entbehrlich ist, besteht darin, dass unterhalb der Feder *F*, Fig. 24 (gerade unter der Spitze der Contactschraube *b*) eine zweite Metallsäule (die wir *G* nennen wollen) aufgestellt wird, deren nach aufwärts gerichtete Contactspitze durch eine Schraube höher und tiefer gestellt werden kann. Diese Säule *(G)* wird mit dem Drahtstücke *fg* in leitende Verbinduug gesetzt und außerdem noch von dem Metallständer *S* eine directe Leitung zur Contactschraube *b* geführt.

Die in Fig. 24 angegebene Stellung der Feder *F* gegen die Contactspitze der Schraube *b* wollen wir den ersten Stromesschluss nennen. Durch diesen wird der Eisenkern *H* magnetisch und zieht den Anker *e* an. Im Niedersteigen berührt nun die Feder *F* die Contactspitze der Säule *G* und es wird abermals der Strom geschlossen (zweiter Stromesschluss). Jetzt hat der Kettenstrom zwei Wege offen, nämlich einen durch die Primärspirale und den Hammer-Elektromagnet und einen zweiten durch den Ständer *S*, die Feder *F* und die Säule *G*. Jetzt kann sich auch der Öffnungs-Extracurrent durch die Primärspirale abgleichen und wirkt somit auch auf den Öffnungs-Inductionsstrom der Secundärspirale verzögernd und schwächend ein. Da beim zweiten Stromesschluss der größte Theil des inducirenden Hauptstromes durch die kurze Leitung *S*, *F*, *G* fließt und auf die Primärspirale und den Hammer-Elektromagnet nur ein ganz geringer (dem Verhältnis der Widerstände in beiden Zweigen verkehrt proportionaler) Stromesantheil circulirt, sinkt der Magnetismus des Eisenkernes *H* auf ein Minimum, so dass dieser den Anker loslässt, worauf die Feder *F* emporschnellend wieder den ersten Stromesschluss herbeiführt (indem sie die Contactspitze der Schraube *b* berührt, worauf abermals Anziehung des Ankers, Herstellung des zweiten Stromesschlusses etc. folgt). Eigentlich wird durch diese Helmholtz'sche Vorrichtung der inducirende Kettenstrom nie ganz unterbrochen, sondern es nimmt die Stromstärke des durch die Primärspirale und die Windungen des Hammer-Elektromagnetes kreisenden Stromantheiles nur bis zu einem gewissen Maximum zu, um beim zweiten Stromesschluss auf ein bestimmtes Minimum zu sinken, ohne inzwischen jedoch ganz aufzuhören.

Selbstverständlich wird unter sonst gleichen Umständen durch die Helmholtz'sche Vorrichtung die Intensität aller Inductionsströme vermindert.

Auf der Wiener Elektricitäts-Ausstellung 1883 sah ich einen Inductionsapparat, der (angeblich) mit der Helmholtz'schen Vorrichtung ausgestattet war; es fehlte diesem Apparate indes die directe Verbindung der Säule *S* mit der Contactschraube *b*, aus welchem Grunde der Anker dieses Unter-

brechers trotz der zweiten Contactsäule nicht, wie der betreffende Aussteller behauptete, „beiderseits“ den durch die Primärspirale und den Hammer-Elektromagnet kreisenden Strom öffnete und schloss, sondern dies nur „einseitig“, nämlich an der Spitze der Contactschraube *b* besorgte. Allerdings war beim zweiten Stromesschluss der inducirende Hauptstrom durch die beiden Metallständer und den Stiel des Wagner'schen Hammers kurz geschlossen, aber es fehlte der zweite Stromweg durch die Spiralen der Primärspule und des Hammer-Elektromagnetes, in welchem vielmehr der Strom bei jeder Unterbrechung des ersten Stromesschlusses völlig unterbrochen wurde.

Dove, Masson, Buff, Burckhardt etc. haben noch complicirte Vorrichtungen, Disjunctoren genannt, ersonnen, um (nach Belieben durch Drehung von rechts nach links, oder entgegengesetzt) einen der Inductionsströme der Secundärspirale zu unterbrechen, so dass nur gleichgerichtete Secundärströme vom Apparate fortgeleitet werden können; allein auch diese Vorrichtungen haben (ganz abgesehen von ihrer Complicirtheit und Kostspieligkeit) keinen Wert für die Anwendung des Inductionsapparates in der „praktischen“ Heilkunde.

Ein **Magneto-Inductionsapparat** besteht aus dem constanten Magnete oder magnetischen Magazine (eventuell aus einem Elektromagnete), den Inductionsspiralen (d. i. dem geschlossenen guten Elektricitätsleiter), einer Vorrichtung, welche die gegenseitige Annäherung und Entfernung der Inductionsspirale und des Magnetes besorgt, sowie endlich einer Einrichtung zur Fortleitung der erzeugten Inductionsströme. Die Inductionsspiralen werden vor, ober, unter oder zwischen den Polen eines hufeisenförmigen Magnetes rotirt, woher diese Apparate auch den Namen Rotationsapparate erhalten haben. Entweder ist hiebei der Magnet fix und es wird die Inductionsspirale rotirt, oder ist umgekehrt der Magnet drehbar und die Inductionsspirale fix.

Die Inductionsspiralen werden verschiedentlich eingerichtet. Eine der ältesten Formen ist die des sogenannten Hufeisen-Inductors, wobei die Inductionsspulen auf die Schenkel eines hufeisenförmig gebogenen weichen Eisenkernes gesteckt werden, wie dies in Fig. 25 dargestellt ist. Dieser Inductor wird entweder vor den Polen des constanten Magnetes oder senkrecht zu denselben in Rotation versetzt. Eine andere Einrichtung besitzt der von Siemens angegebene sogenannte Cylinder-Inductor, bei welchem der Eisenkern ein mit zwei diametral gegenüberstehenden tiefen Rinnen versehener Cylinder ist; die Windungen der Inductionsspirale werden der Länge des Cylinders nach in den gegenüberliegenden Rinnen geführt. Dieser Cylinder-Inductor rotirt innerhalb der Pole des Magnetes, so dass seine Längsachse zu den Schenkeln des Hufeisenmagnetes senkrecht zu stehen kommt. Eine total verschiedene Einrichtung hat der sogenannte Pacinotti-Gramme'sche Ring-Inductor, der in der III. Abtheilung im Capitel über Galvanokaustik abgebildet und beschrieben werden wird. Zur Ableitung der Ströme dient entweder ein Collector, in welchem Falle die meisten Maschinen nur Wechselströme liefern, oder ein Commutator, mit Hilfe dessen stets gleichgerichtete Ströme erhalten werden.

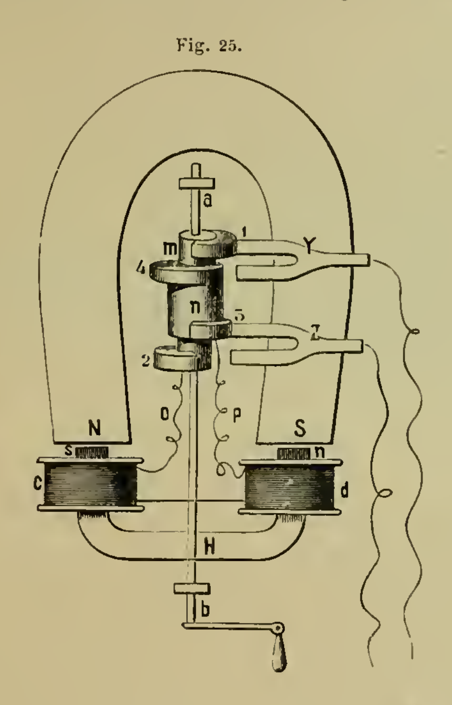
Der Stöhrer'sche Rotationsapparat, einer der besten und verbreitetsten Magneto-Inductionsapparate, Fig. 25, besteht aus einem kräftigen, zumeist aus 5—7 Lamellen zusammengesetzten, hufeisenförmigen

constanten Magnete, vor dessen Polen N und S der ebenfalls hufeisenförmige weiche Eisenkern H, auf dessen Schenkeln die Inductionsspiralen c und d gesteckt sind, mittels der Welle a b rotirt werden kann.

Auf die Welle a b sind zwei gegeneinander isolirte Metallhülsen m und n geschoben, die abwechselnd je ein Paar hervorragender Halbringe aus Metall, 1, 2, 3 und 4, tragen. Auf diesen vier Halbringen schleifen bei der Rotation der Inductorrollen die gegeneinander isolirten, gespaltenen Contactfedern Y und Z, von denen die Ableitungsdrähte ausgehen. Dieser Theil der Maschine heißt Commutator.

Das freie Drahtende o der Inductorspirale c ist mit der Hülse m, der Draht p der Spule d mit der Hülse n des Commutators verbunden. In dieser Stellung der Spulen wird der dem Nordpol N des constanten Magnetes gegenüberstehende Schenkel des hufeisenförmigen weichen Eisenkernes H

Fig. 25.



zum Südpol s und der dem Südpol des constanten Magnetes S gegenüberstehende Schenkel zum Nordpol n. Ist der Inductor durch eine rasche Bewegung in diese Stellung gebracht worden, so dass der Eisenkern desselben in der angedeuteten Weise plötzlich magnetisch wurde, so inducirt dieses Entstehen des Magnetismus (beziehungsweise das Vergehen des entgegengesetzten Magnetismus) in den Drahtrollen einen Momentanstrom, dessen Anode durch den Draht p zur Hülse n und durch den Halbring 3 zur Contactfeder Z, die Kathode durch den Draht o zur Hülse m und durch den Halbring 1 zur Contactfeder Y geleitet wird. Rotirt man die Welle a b um 180°, so kommt die Drahtrolle c vor den Südpol und die Drahtrolle d vor den Nordpol des constanten Magnetes zu stehen. Das Drahtende o wird jetzt die Anode des durch diese Bewegung inducirten Stromes zur Hülse m und das Drahtende p die Kathode dieses Stromes zur Hülse n leiten.

Würden die Ableitungsfedern nicht gespalten und die vier Halbringe nicht vorhanden sein, sondern die Feder *Y*, wie im vorigen Falle, so auch jetzt auf der Hülse *m* und die Feder *Z* auf der Hülse *n* schleifen, so würde jetzt *Y* die Anode und *Z* die Kathode repräsentiren, bei jeder Halbdrehung würden somit Wechselströme zur Ableitung kommen.

Durch die vier Halbringe jedoch und die gespaltenen Federn wird es bewirkt, dass bei der Rotation der Achse *a b* um 180° (gegen die abgebildete Stellung der Inductorspulen) die Feder *Y* nicht mehr auf der Hülse *m*, sondern auf dem Ringe 4 der Hülse *n* schleift, also abermals die Kathode ableitet, während die Feder *Z* mit dem Ringe 2 der Hülse *m* in Contact tritt und abermals die Anode fortleitet, weshalb diese und ähnlich gebaute Maschinen gleichgerichtete Ströme liefern. Sind die Inductorrollen aus dünnem und langem Drahte, so werden sie Ströme liefern, die einer Batterie aus vielen kleinen hintereinander geschalteten Elementen entsprechen (sogenannte Spannungsströme); bestehen jedoch die Inductorspulen aus dickem Drahte, so dass ihr Widerstand geringer ist, so liefert die Maschine Ströme, die sich den Strömen großplattiger oder nebeneinander geschalteter galvanischer Elemente mit geringem wesentlichen Widerstande vergleichen lassen (sogenannte Quantitätsströme). Erstere äußern geringe chemische und thermische, dafür intensive physiologische Wirkungen; letztere hingegen können zu chemischen und thermischen Zwecken benützt werden.

Inductionsapparate mit Cylinder- oder Ring-Inductoren in großen Dimensionen ausgeführt, sind gegenwärtig die Elektricitätsquelle für die Anwendung der Elektricität im großen zu technischen Zwecken (wie z. B. zur elektrischen Beleuchtung, zur Galvanoplastik, zur Reinmetallgewinnung auf elektrolytischem Wege etc.).

Thermoelektricität sowie die noch übrigen Elektricitätsquellen.

Führt man die Enden eines ringförmig gebogenen blanken Kupferdrahtes zu einem sehr empfindlichen (Spiegel-) Galvanometer und erwärmt eine Stelle dieses Drahtes, so zeigt eine sofort eintretende Nadelablenkung das durch die Erwärmung bedingte Auftreten eines elektrischen Stromes im Drahte an. Die Ablenkung der Magnetnadel ist größer, wenn der Draht nicht homogen ist; so z. B. bedingt eine scharfwinkelige Knickung, ein Knoten, eine Dehnung, eine Härtung etc. in der Nähe der erwärmten Stelle einen stärkeren Nadelausschlag. Noch intensiver wird derselbe, wenn man zwei differente Metalle aneinander löthet, von ihren freien Enden Leitungsdrähte zum Galvanometer führt und die Löthstelle erwärmt.

Löthet man an einen Wismuthstab einen zweimal rechtwinkelig abgebogenen Kupferstreifen mit beiden Enden an (so dass diese Combination ein Rechteck bildet), schraubt auf die Mitte des basalen Wismuthstabes einen scharfspitzig hervorragenden Stahlstift, auf dessen Spitze eine Declinationsnadel innerhalb dieses Rahmens aufgehängt wird, dreht sodann dieses Rechteck bei gleicher Temperatur der beiden Löthstellen in den magnetischen Meridian, so stellt dieser Apparat die Stromesquelle und das Galvanoskop zugleich vor. Erwärmt man nunmehr die eine Löthstelle, so nimmt man sofort eine Ablenkung der Magnetnadel von ihrer Ruhelage wahr; kühlt man dieselbe Löthstelle ab, so dass sie eine tiefere Temperatur erhält als die andere, so erfolgt ein entgegengesetzter Ausschlag der Declinationsnadel. Erwärmt man hingegen die eine Löthstelle und kühlt zugleich die andere ab, so erhält man einen viel stärkeren Ausschlag als zuvor durch die alleinige Erwärmung oder Abkühlung einer einzigen Löthstelle.

Diesen Versuch hat Seebeck (1823) zuerst ausgeführt und die Erregung elektrischer Ströme durch Erwärmung oder Abkühlung der Löthstellen zweier differenter Metalle Thermoelektricität genannt. Zwei differente, an einer Stelle zusammengelöthete Metalle bilden ein offenes und bei Verbindung ihrer freien Enden durch einen Schließungsbogen ein geschlossenes thermo-elektrisches Element.

Versuche, die Seebeck mit verschiedenen Metall-Combinationen ausführte, ergaben, dass die verschiedenen Metalle sich in eine Spannungsreihe anordnen lassen, betreff deren dieselben Gesetze gelten, die bezüglich der Volta'schen Spannungsreihe auseinandergesetzt wurden. Seebeck's Reihe lautet: Antimon, Eisen, Zink, Silber, Gold, Zinn, Blei, Quecksilber, Kupfer, Platin, Wismuth. Antimon bildet das positive und Wismuth das negative Ende dieser Reihe. In einem Thermoelemente aus Antimon und Wismuth strömt die Elektricität an der erwärmten Stelle vom Wismuth zum Antimon. An der abgekühlten Stelle (oder im Schließungsbogen) vom Antimon zum Wismuth. Antimon wird somit, mit jedem nachfolgenden Metalle verbunden, positiv, wogegen jedes nachfolgende, mit Antimon verbunden, negativ erscheint, und umgekehrt wird Wismuth, mit jedem vorangehenden Metalle verbunden, negativ, wobei alle vorangehenden Glieder positiv elektrisch werden. Die elektromotorische Kraft einer Combination ist ferners desto größer, je weiter ihre Glieder in der Spannungsreihe auseinander stehen.

Verschiedene Forscher, wie z. B. Becquerel, Hankel etc., fanden indes Spannungsreihen, die von der Seebeck'schen abwichen, was daraus erklärlich ist, dass schon geringe Beimischungen zu einem Metalle (somit ein verschiedener Grad von Reinheit desselben) seine Stellung in der Spannungsreihe alterirt. In gleicher Weise wirken auch alle Structur- und Dichtigkeitsveränderungen auf die Stellung eines und desselben Metalles in der Spannungsreihe verschiebend ein.

Legirungen aus einzelnen Metallen nehmen nicht etwa, wie zu erwarten wäre, eine mittlere Stellung zwischen den Metallen, aus denen sie bestehen, in der Spannungsreihe ein, sondern müssen dieselben ganz außerhalb ihrer Bestandtheile eingereiht werden. Überhaupt fand schon Seebeck, dass Combinationen aus gewissen Legirungen weit höhere elektrische Spannungen liefern, als solche aus reinen Metallen.

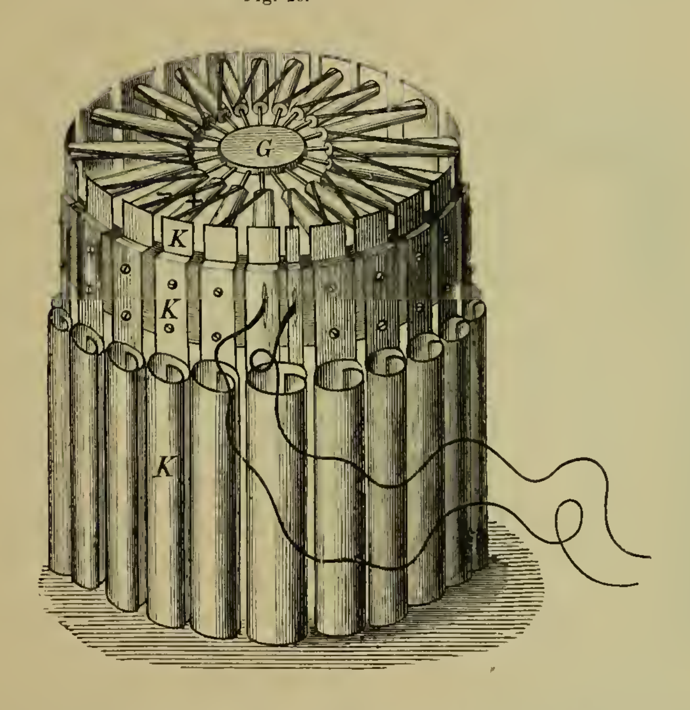
Die Intensität der Thermoströme hängt außer von der materiellen Beschaffenheit der Stromgeber in erster Linie von der Temperaturdifferenz der beiden Löthstellen ab und sind innerhalb gewisser Grenzen die Stromesintensitäten diesen Temperaturdifferenzen nahezu proportional. Allein nicht nur die Temperaturdifferenz, sondern auch die absolute Höhe der Temperatur beider Metalle beeinflusst die Stromstärke einer thermo-elektrischen Combination. Nach Thomson und Avenarius gibt es für jede Combination eine ganz bestimmte Temperatur, die Neutraltemperatur genannt wird; so oft das arithmetische Mittel der Temperatur beider Löthstellen mit dieser Neutraltemperatur zusammentrifft, liefert die betreffende Combination absolut keinen Strom, woraus folgt, dass nicht immer die Steigerung der Temperatur der einen oder die Verminderung der Temperatur der anderen Löthstelle stets eine erhöhte Stromstärke zur Folge haben muss.

Die Stromesintensität, selbst der kräftigsten thermo-elektrischen Combination bleibt weit hinter der Stromstärke einer galvanischen Kette zurück. In geeigneter Zusammenstellung jedoch sind Thermo-Batterien für gewisse Fälle ganz gut brauchbar und haben auch mehrfach in der Heilkunde Anwendung gefunden. Als Normal-Stromesquellen für Inductionsapparate z. B. sind zweckentsprechende Thermo-Batterien selbst allen hydro-elektrischen Ketten vorzuziehen; in der II. Abtheilung werden

wir einige elektro-diagnostische Apparate kennen lernen, die entweder aus Thermo-Batterien oder aus Thermo-Multiplicatoren bestehen.

Eine der ersten Thermo-Batterien zu technisch-praktischen Zwecken, die auch in der Heilkunde versuchsweise Anwendung fand, wurde von S. Marcus in Wien zusammengestellt. Das positive Metall seiner Thermo-Elemente bestand aus einer Legirung von 12 Thl. Antimon, 5 Thl. Zink und 1 Thl. Wismuth; das negative Metall bestand aus einer Legirung von 10 Thl. Kupfer, 6 Thl. Zink und 6 Thl. Nickel, somit einer Metall-Composition, die in ihrer Zusammensetzung dem Neusilber ähnlich ist. Später wählte er direct Neusilber, dem er zuvor etwas Kobalt zugesetzt hatte, als negatives Metall. Die Batterie hatte die Form eines Spitzdaches und wurden zwei Reihen aneinander ge-

Fig. 26.



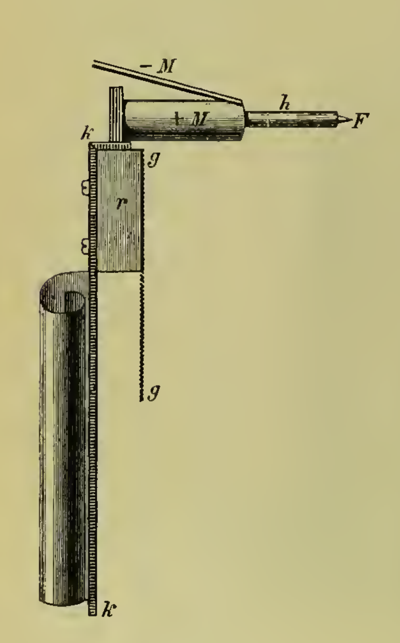
schraubter Löthstellen durch eine Reihe von Flammen erwärmt, während die beiden Reihen der nach unten divergirenden Löthstellen zur Abkühlung in rinnenförmige, schmale, kaltes Wasser enthaltende Gefäße gestellt wurden. Die Schwierigkeit gleichmäßiger Erwärmung, die unbequeme Form und leichte Zerbrechlichkeit, zumal an den zu erwärmenden Löthstellen, standen einer ausgebreiteten Verwendung hindernd im Wege.

Diese Schwierigkeiten hob F. Noë in Wien, indem er eine Thermo-Batterie in Form der seither weitverbreiteten und vielfach nachgebildeten Sternsäule, Fig. 26, baute.

Noë umging erstlich das Zusammenlöthen oder Zusammenschrauben der Stromgeber an der zu erwärmenden Stelle, indem er die Vereinigung

derselben durch Metallguss herstellte; auch setzte er diese Verbindungsstelle beider differenten Metall-Compositionen nicht direct der Flamme aus, sondern vermittelte die Erwärmung dieser Stelle durch ebenfalls angegossene Heizstifte. Die einzelnen Elemente ordnete er des ferneren im Kreise an, so dass alle Heizstifte im Centrum zusammenneigen, wo sie zwischen zwei kreisförmigen Glimmerscheiben G zusammengehalten werden. Fig. 27 stellt ein einzelnes Noë'sches Element dar; $+M$ ist das positive und $-M$ das negative Metall, h der Heizstift und F die Stelle, an welcher die Flammenspitze den Heizstift bestreicht. Die Vereinigung dieser Theile geschieht in der Weise, dass durch den Boden einer cylindrischen Gussform ein geknöpfter, mit der Spitze nach außen ragender Kupfer- oder Eisenstift geschoben wird, dass ferners seitlich ein Bündel von Drähten aus einer Legirung, die der Composition des Neusilbers nahe kommt, und außer Kupfer, Zink und Nickel noch etwas Kobalt enthält, mit dem einen Ende in die Gussform eingeführt und dieselbe sodann mit einer in ihrer procentuellen Zusammensetzung geheimgehaltenen Legirung von Antimon, Zink und Wismuth ausgegossen wird. Senkrecht an das positive Metall wird ein zweimal rechtwinkelig abgebogener Kupferblechstreifen kk, Fig. 27, beziehungsweise KKK, Fig. 26, angelöthet. Werden die Elemente, wie aus Fig. 26 zu ersehen ist, im Kreise angeordnet, so bilden die positiven Metalle und die Heizstifte die Radien, während das negative Metall jedes Elementes an die Vereinigungsstelle des positiven Metalles mit dem Kupferblechstreifen des nächstfolgenden Elementes reicht, wo es auch an diesen Kupferstreifen gelöthet wird, wodurch die Elemente zur Batterie hintereinander geschaltet werden; nur das positive Metall des ersten und das negative Metall des letzten Elementes in diesem Kreise, von deren Kupferblechstreifen die Poldrähte abgehen, bleiben unverbunden. Vor dieser Vereinigung der Elemente zur Batterie wird noch jedes einzelne Element mittels seines nach abwärts gerichteten Kupferstreifens an einen feuerfesten, aus Asbest gefertigten Ring r, Fig. 27, geschraubt. Von innen wird an diesen Ring ein doppeltes feines Drahtgitter gg zur Absorption der von der central aufgestellten Lampe etwa nach außen gerichteten Wärmestrahlen befestigt. An die verticalen Kupferblechstreifen, die der ganzen Batterie zugleich als Stativ dienen, werden zusammengerollte, dünne Kupferbleche gelöthet, welche sammt den Kupferblechstreifen die Abkühlung der peripheren Löthstellen bei nicht allzu hochgradiger Erwärmung der Heizstifte vermitteln. Diese Kühlstreifen bieten der Luft eine große Oberfläche und wirken durch Wärmeausstrahlung,

Fig. 27.



die Kupferblechröhren noch überdies durch Erzeugung von Luftzug auf die äußeren Löthstellen abkühlend.

Als Wärmequelle verwendet man entweder einen Bunsenschen Gasbrenner oder eine entsprechende Spirituslampe, die central unter die Heizstifte aufgestellt wird. Die beiden Glimmerplatten bedingen eine Ausbreitung der Flamme, wodurch alle Heizstifte fast gleichmäßig erwärmt werden. Diese dürfen bis zur schwachen Rothglut erhitzt werden, ohne dass eine andere denn die angegebene Kühlvorrichtung für die peripheren Löthstellen nöthig wäre. Bei höhergradiger Erwärmung müssten die Kühlbleche mit ihrem unteren Rande in ein Gefäß mit kaltem Wasser gestellt werden.

Diese 30elementige Noë'sche Sternsäule liefert per Minute 2·05 *cm*³ Knallgas; sie besitzt eine elektromotorische Kraft von circa 2 Volts und einen inneren Widerstand von 0·4 Ohm; ohne äußeren Widerstand geschlossen, würde somit ihre Stromstärke 5 Ampères betragen.

In ihrer Wirkung kommen diese 20 Thermo-Elemente in der angegebenen Schaltung zwei Daniell-Elementen gleich. Zur Armirung von Inductionsapparaten ist diese Sternsäule vollkommen ausreichend und liefert bei schwachem Glühen der Heizstifte einen durch lange Zeit völlig constanten Strom. Dabei übertrifft sie alle hydro-elektrischen Säulen durch die Einfachheit ihrer Handhabung und durch die Verlässlichkeit in ihrer Wirkung. Man hat bei Benützung derselben keinerlei weitere Vorbereitungen zu treffen, als die Flamme anzuzünden und erhält schon nach wenigen Secunden einen entsprechenden Strom. So lange die Batterie durch einen Schließungsbogen geschlossen wird, setzt sich die den Heizstiften zugeführte Wärme in Elektricität um; ist die Batterie geöffnet, so muss die Flamme sofort verlöscht werden, weil sonst die ganze zugeführte Wärme in den metallenen Bestandtheilen der Thermosäule aufgespeichert würde, die zu einer Zerstörung derselben führen möchte. Noë starb leider, ehe er noch sein Patent ausnützen konnte. Die vielfachen Nachahmungen seiner Säule liefern jedoch nicht immer die gleiche Stromesintensität. Hauck in Wien und Řebiček in Prag construiren ähnliche Sternsäulen von annähernd gleicher Leistungsfähigkeit.

In neuerer Zeit wurden von verschiedenen Seiten Thermosäulen zu technischen Zwecken construirt und gelang es sogar mit Hilfe derselben elektrisches Bogenlicht zu erzeugen. Mehrfache Versuche jedoch, die Thermosäulen auch als Ersatz der hydro-elektrischen Batterien für Zwecke der Elektrotherapie heranzuziehen, misslangen bisher an der Complicirtheit oder Kostspieligkeit der betreffenden Zusammenstellungen.

Die Wärme tritt noch in anderer Richtung als Elektricitätsquelle auf. Erwärmt man einen Turmalinkrystall an einem seiner Enden, so erweisen sich beide Begrenzungspunkte der krystallographischen Hauptachse dieses Krystalles als polarelektrisch; das beim Erwärmen positive Ende des Krystalles wird beim Abkühlen negativ elektrisch und umgekehrt. Diese Erscheinung dauert solange an, als die Temperaturdifferenz besteht. Sie zeigt sich auch beim Zerbrechen, ja selbst beim Pulverisiren des Turmalins; die Bruchstücke erweisen sich nämlich ebenfalls als polarelektrisch, geradeso wie die Bruch-

stücke eines constanten Magnetes polarmagnetisch erscheinen. Selbst das Pulver des Turmalins erweist sich, solange es noch warm ist, als polarelektrisch; rührt man mit einem Glasstabe in demselben, so ballt es sich, diese Klumpen zerfallen jedoch, sobald das Turmalinpulver die Temperatur der Umgebung angenommen hat. Dieser Erscheinung, welche sich übrigens nicht nur am Turmalin allein, sondern noch an anderen Krystallen und krystallinischen Körpern, z. B. an Borazit, Bergkrystall, Schwerspat, Topas, Zucker etc. nachweisen lässt, nennt man Pyro-Elektricität.

Auch manche Flammen erweisen sich als elektrisch, z. B. die Alkoholflamme, die Hydrogengasflamme, die Flammen brennenden Öls, Wachses etc.; in derselben Weise sind auch manche glimmende Körper elektrisch befunden worden; doch braucht man zum Nachweise dieser nur schwachen elektrischen Spannungen empfindliche Elektroskope und Condensatoren.

Auch das Licht erweist sich als Elektricitätsquelle: Taucht man zwei gleich große und gleich dicke Platinbleche, die mittels Leitungsdrähten mit einem sehr empfindlichen Galvanoskope verbunden sind, in concentrirte Salpetersäure, so lässt sich, solange beide Platinblechplatten beleuchtet oder beschattet sind, in diesem Systeme auch nicht eine Spur von Elektricität nachweisen; verdunkelt man jedoch das eine Platinblech, während das andere dem weißen Lichte ausgesetzt bleibt, so zeigt die sofort auftretende Nadelablenkung am Galvanoskope das Entstehen eines Stromes in diesem früher neutralen Kreise an; ersetzt man das weiße Licht durch rothes, so wird dieser Strom schwächer, nimmt man hingegen violettes, so nimmt auch die Stromstärke zu.

Beim Auftreten recht scharf begrenzter Chladni'scher Klangfiguren auf Metallscheiben lässt sich an den Knotenlinien Elektricität nachweisen (die übrigens höchst wahrscheinlich in das Gebiet der Reibungselektricität gehören dürfte).

Presst man eine Flüssigkeit durch poröse Körper, so lassen sich nach Quincke in der Richtung der Fortbewegung der Flüssigkeit auftretende elektrische Ströme nachweisen, die Strömungs-Ströme genannt werden.

Die Atmosphäre unseres Erdballs, die sich jederzeit als elektrisch erweist, ist mitunter die Quelle höchstgradiger elektrischer Spannungen, deren Wirkungen sich auch, diesen Spannungen entsprechend, als Gewitter, Nordlicht etc. imposant äußern.

Auch der lebende und todte thierische Organismus erweist sich als Elektricitätsquelle (elektrische Fische, Nerven-Muskelströme etc.), worüber in der II. Abtheilung des näheren gehandelt wird.

Die zu ärztlichen Zwecken nöthigen Apparate und deren Handhabung.

Im Vorliegenden wurden die wichtigsten Grundlehren der Elektro-Physik, sofern dieselben für den praktischen Arzt bei Anwendung der Elektricität zu Heilzwecken von Wichtigkeit sind, in möglichst elementarer Weise abgehandelt. Das letzte Capitel dieser physikalischen Propädeutik soll die zu ärztlichen Zwecken nöthigen Instrumente behandeln.

In der Heilkunde werden alle Wirkungen der Reibungs-Elektricität der galvanischen, Inductions- und Thermo-Elektricität mannigfach benützt. Am häufigsten wird der continuirliche Strom hydro-elektrischer Säulen, sowie der intermittirende Strom der Volta- oder Magneto-Inductionsapparate auf die unverletzte Haut applicirt: Anwendung der Elektricität in der Medicin zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken. In der Chirurgie werden vorzugsweise die thermischen und chemischen Wirkungen der Elektricität verwertet (Galvanokaustik, Elektrolyse). Überdies findet das elektrische Licht, sowie mancherlei Mikro Telephonapparate zu diagnostischen, der Magnet zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken mehrseitige Verwendung.

Hier sollen jetzt nur jene Apparate, welche zur Anwendung continuirlicher oder unterbrochener Ströme in der Medicin zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken nöthig sind, besprochen werden. Die zu chirurgischen Zwecken erforderlichen Apparate werden betreffenden Orts in der III. Abtheilung behandelt werden. Auch betreff der zu ganz speciellen diagnostischen oder therapeutischen Zwecken verwendbaren Apparate, muss auf die II. oder III. Abtheilung dieser Schrift hingewiesen werden, wo dieselben zur Vermeidung von Wiederholungen am passenden Orte gleich mit ihrer Handhabung und Benützung besprochen werden sollen.

Zur Application continuirlicher Ströme (Galvanisation) sind vorerst entsprechende Batterien als Stromesquellen, sodann Vorrichtungen, um die Stromstärke nach Bedarf reguliren zu können:

Elementenzähler (Stromwähler), Rheostate, hernach Apparate zum Wechseln der Stromesrichtung: Stromwender (Commutatoren), endlich Vorrichtungen, um die Elektricität zum Körper leiten zu können: Leitungsschnüre und Elektroden nöthig. Ein weiteres unentbehrliches Hilfsmittel ist ein entsprechend gefertigtes Galvanometer, welches die jeweilig benützten Stromstärken, ausgedrückt in Einheiten des absoluten Maßsystems, sofort direct abzulesen gestattet.

Zur Verwertung inducirter Ströme in der Medicin (Faradisation) werden die verschiedenen Magneto- und Volta-Inductorien benützt.

Die hydro-elektrischen Batterien für medicinische Zwecke werden entweder als stabile oder aber als transportable Apparate hergestellt. Erstere werden auf Kliniken, Spitälern und in den Ordinationszimmern benützt, letztere gehören für die ambulante Praxis und müssen so eingerichtet sein, dass sie leicht und bequem zum Kranken mitgenommen werden können.

Der Wert einer Batterie hängt erstlich von der Gattung der Elemente, aus denen die Batterie zusammengesetzt ist, weiters von der speciellen Art ihrer Ausführung und Verbindung, sodann aber hauptsächlich von der Ausrüstung mit den als wichtig und unentbehrlich hingestellten Nebenapparaten (Elementenzähler, Rheostat, Stromwender, Leitungskabel, Elektroden und Galvanometer), sowie schließlich von der Beschaffenheit dieser letzteren ab. Auch nach den besonderen Anforderungen, die überdies noch sowohl an stabile wie an transportable Batterien gestellt werden, unterscheidet man die verschiedenen Zusammenstellungen in mehr oder minder praktische. Brauchbar ist eigentlich jede Batterie, die überhaupt nur Strom liefert, wofern nur die Möglichkeit vorhanden ist, den Strom beliebig reguliren und messen zu können.

Es wird daher vortheilhaft sein, diejenigen Nebenapparate einer Batterie für medicinische Zwecke, welche ihre Verwertung in der Heilkunde in so hervorragender Weise beeinflussen, vorerst zu besprechen und die verschiedenen Batterien selbst erst hernach abzuhandeln.

Stromwähler oder Elementenzähler.

Zu elektro-diagnostischen und elektro-therapeutischen Zwecken verwendet man eine Batterie aus vielen hintereinander geschalteten Elementen, weil der menschliche Körper, der in den Schließungsbogen einer solchen Stromesquelle einbezogen wird, einen nach Tausenden S. E. (oder Ohms) betragenden Widerstand besitzt. Bei großem außerwesentlichen Widerstande nimmt dem Ohm'schen Gesetze zufolge die Stromesintensität fast proportional der Anzahl der eingeschalteten Elemente zu und ab. Es muss daher jede zu elektro-medicinischen Zwecken bestimmte Batterie eine Vorrichtung besitzen, die es ermöglicht, nach Bedarf bald mehr, bald weniger Elemente bei an den Körper

applieirten Elektroden einschalten zu können. Solche Vorrichtungen nennt man Elementenzähler oder Stromwähler. Sie haben im wesentlichen zweifachen Forderungen zu genügen: sie müssen erstlich derart beschaffen sein, dass die Verstärkung oder Verminderung der Stromesintensität nur stets um den Betrag je eines Elementes ausführbar sei. und zweitens, dass beim Übergange von einem Elemente zum nächsten keine völlige Unterbrechung des in Verwendung stehenden Stromes stattfände. Stromwähler, welche eine Vermehrung oder Verminderung der Elementenzahl nur um je zwei oder fünf oder gar nur um je zehn Elemente gestatten, sind unpraktisch und zu feineren Untersuchungen, sowie zu manchen therapeutischen Zwecken geradewegs unbrauchbar. Desgleichen sind alle jene Stromwähler, welche bei Vermehrung oder bei Verminderung der Elementenzahl eine Stromesunterbrechung herbeiführen, gänzlich unzulässig, da das Verstärken und Vermindern der Stromesintensität in vielen Fällen nur allmählich vorgenommen werden darf (Ein- und Ausschleichen des Stromes).

Die einfachste (nicht aber zugleich bequemste) Art des Stromwählers ist die sogenannte Stromwählerschnur, die verschiedentlich ausgeführt wird. Besteht die Batterie aus offenen Siemens-Halske'schen oder Leclanché-Elementen, so geht vom ersten Kupfer-, beziehungsweise Kohlenpol das Leitungskabel der Anode zu der entsprechenden Elektrode. Die zweite Elektrode ist an einer Leitungsschnur befestigt. die an ihrem freien Ende gabelig gespalten ist und an jedem Aste eine Zinkschaufel trägt. Wird eine dieser Zinkschaufeln in das erste Element (zum Zinkpole) eingetragen, so ist (wenn die Elektroden am Körper anliegen) ein Element eingeschaltet; taucht man so eine Zinkschaufel beispielsweise in das fünfzehnte Element, so sind fünfzehn Elemente geschlossen. Wäre an dem freien Ende dieser Stromwählerschnur nur eine Zinkschaufel vorhanden, so müsste beispielsweise beim Übergange von 19 auf 20 Elementen diese Zinkschaufel aus dem 19. Elemente herausgenommen und in das 20. Element eingestellt werden; hiebei würde zwischen diesen beiden Operationen der Strom (von 19 Elementen) geöffnet und (20 Elemente) neuerdings wieder geschlossen werden, was aus später zu erörternden Gründen nicht statthaft ist. Um dies zu verhindern, endet diese Stromwählerschnur gabelig und geht eben, wie erwähnt, in zwei Zinkschaufeln aus. Befindet sich die eine Zinkschaufel beispielsweise im 10. Elemente und man will auf das 11. Element übergehen, so trägt man vorerst die zweite Zinkschaufel in das 11. Element ein und nimmt dann erst die andere aus dem 10. Elemente heraus. Soll der Strom auf diese Weise etwa von 0—30 Elementen ein- und ausgeschlichen werden, so erfordert diese Manipulation mit beiden Zinkschaufeln einen nicht unbedeutenden Zeitverlust und eine Arbeitsleistung, bei der mindestens eine Hand und fast die ganze Aufmerksamkeit des Arztes in Anspruch genommen wird, da er während des Ein- und Ausschleichens des Stromes das Auge von den Elementen nicht wegwenden kann.

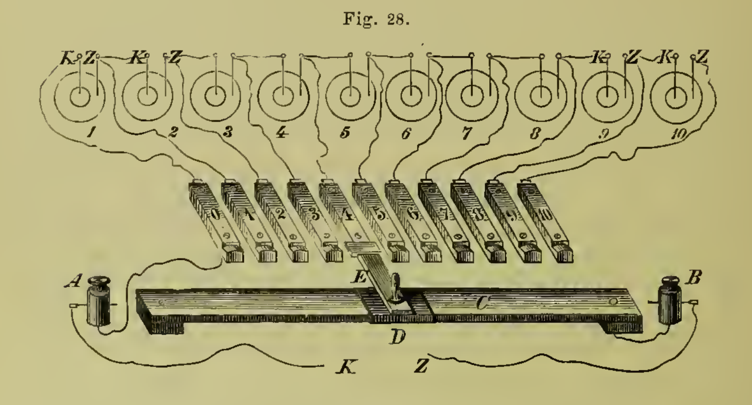
Sind die Elemente in einem Batteriekasten untergebracht, so ragen bei den mit einer Stromwählerschnur versehenen Batterien von jedem Elemente Leitungszapfen nach aufwärts, die entweder in conische Stifte ausgehen oder conische Bohrungen besitzen. Die Stromwählerschnur trägt dann im ersten Falle zwei conisch ausgebohrte Metall-

hütchen, im zweiten Falle zwei conisch abgedrehte Metallstöpsel, die (wie vorhin angegeben, abwechselnd) über, beziehungsweise in die Ausleitungen der Elemente gesteckt werden.

Bequemer sind die sogenannten Schlittenstromwähler, die derartig eingerichtet sind, dass eine Metallfeder, welche mit dem betreffenden Leitungskabel in Verbindung steht, über die Ausleitung der Elemente gleitend verschoben werden kann. Entweder sind die Ausleitungsstifte horizontal und die Feder drückt nach abwärts oder die Ausleitungsstifte sind vertical und der Stromwähler besteht aus zwei Metallbacken, welche durch entsprechende Federn von beiden Seiten gegen die Ausleitungsstifte gedrückt werden. Die Contactfedern oder den Contact vermittelnden Metalltheile des Schlittens müssen so lang sein, dass sie stets mit dem nächsten Ausleitungsstifte bereits in leitender Verbindung stehen, ehe sie den vorhergehenden Stift verlassen. In diese Gruppe von Stromwählern gehört u. a. der Stöhrer'sche Schlussschieber, der Leiter'sche Stromwählerschlitten etc.

Am bequemsten sind die Kurbel- und Schieber-Stromwähler.

Fig. 28.



Bei den Kurbel-Stromwählern sind die Ausleitungen der Elemente zu eng nebeneinander im Kreise gestellten metallischen Schleifcontacten geführt; im Centrum dieses Kreises befindet sich die Achse einer Metallkurbel, unter deren Handgriff eine nach abwärts drückende Feder die leitende Verbindung mit den Schleifcontacten, über welche dieselbe beim Drehen der Kurbel zu stehen kommt, vermittelt. Von der Kurbelachse geht eine Leitung zum Kabel für die betreffende Elektrode.

Der Schieber-Stromwähler ist dem eben beschriebenen Kurbel-Stromwähler ähnlich. Fig. 28 zeigt die Verbindung von 10 Zink-Kupfer-Elementen mit diesem Elementenzähler. Auf einem Brette sind 11 (mit 0 bis 10 bezeichnete) metallische Schleifcontacte gegeneinander isolirt befestigt. Der Kupferpol des ersten der ungleichnamig untereinander verbundenen Elemente ist mit dem Contacte 0, der Zinkpol jedes einzelnen Elementes mit je einem der folgenden, die gleiche Nummer tragenden Contacte verbunden. Vor diesen Schleifcontacten ist die Metallbrücke *C* als Führungsbahn für den Schieber *D* auf dasselbe Brett angeschraubt. Der Schieber *D*, welcher mittels eines vertical

nach aufwärts ragenden Elfenbein- oder Hartgummigriffes auf dieser Führungsbahn leicht verschoben werden kann, steht mit einer starken Metallfeder *E*, die ein nach unten abgerundetes Messingstück trägt, in Verbindung. Dieses Messingstück wird durch die Feder *E* auf die an ihrem Vorderende ebenfalls abgerundeten Schleifcontacte gedrückt und ist so breit, dass es beim Vor- oder Rückwärtsbewegen des Schiebers *D* stets den nächsten Schleifcontact bereits berührt, ehe es noch den vorhergehenden verlassen hat. Der Schleifcontact 0 steht mit der Polklemme *A* und die Metallbrücke *C* mit der Polklemme *B* in leitender Verbindung. Von der Polklemme *A* wird die Anode *K* und von *B* die Kathode *Z* abgeleitet. Die vorliegende Figur zeigt die Einschaltung von vier Elementen, bei Schließung des Stromes zwischen *K* und *Z*. Wird der Schieber *D* soweit zurückgeschoben, dass das Vorderende der Feder *E* den Contact 0 berührt, welche Stellung man dem Schieber jedesmal geben muss, wenn die Batterie nicht benützt wird, so ist kein Element eingeschaltet.

Brenner führte als vermeintliche Verbesserung der beschriebeuen Stromwähler den sogeuannten Stöpsel-Stromwähler in die elektrotherapeutische Praxis ein. Die Einrichtuug dieses Elementenzählers lässt sich mit Hilfe der Fig. 28 veranschaulichen. Man denke sich deu Schieber *D* sammt der Feder *E* entfernt und die Metallschiene *C* unmittelbar vor deu Ausleitungscoutacten, jedoch ohne dieselben zu berühren, direct auf das Brett geschraubt und, jedem Contacte entsprechend, mit eiuem halbkreisförmigeu Ausschnitte versehen; des ferneren denke man sich auch jeden der 11 Metallcontacte an der der Schiene zugekehrteu Seite ebenfalls mit einem halbkreisförmigen Ausschnitte versehen, so dass zwischen diesen prismatischeu Metallstücken und der Schiene *C* 11 Löcher resultiren, die nach abwärts etwas couisch verlaufen. Wird in so ein Loch eiu eutsprechender Metallstöpsel gesteckt, so ist (bei Herstellung der Verbiuduug zwischeu *K* nud *Z*) das betreffende Element geschlossen. Selbstverständlich braucht mau zum Ein- und Ausschleichen des Stromes zwei solcher Stöpsel uud muss bei allmählicher Eiu- oder Ausschaltung einer halbwegs größeren Elementenzahl die bei der Stöpsel-Stromwählerschnur angegebene, gerade nicht sehr bequeme Mauipulatiou ausführen. Brenner führte diesen bei physikalischeu Experimenten gebräuchlichen Stromesschluss als den angeblich sichersteu iu die medicinische Elektrotechnik ein. Alleiu selbst die Sicherheit und Zuverlässigkeit dieses Stromesschlusses zugegeben, spricht schou die Unbequemlichkeit der Handhabung des Stöpsel-Stromwählers gegen seine Verwertuug für Zwecke der praktischen Heilkunde. Andererseits bietet eine sicher wirkende Feder bei einem Kurbel- oder Schieber-Stromwähler, die die Contactflächen bei jeder Ein- oder Ausschaltuug abschleift uud so jederzeit blank und metallisch erhält, jedenfalls mehr Gewähr für einen immer zuverlässigen Stromesschluss, als eine längere Zeit nicht benützte oder nicht scrupulös behandelte Stöpselvorrichtung. Ist die Oberfläche des Stöpsels oder des conischen Loches oxydirt, so nützt auch das gleichzeitige Eindrückeu und Drehen des Stöpsels nicht viel und ist hier mitunter noch weit eher eine Stromesunterbrechung möglich, als an einem Kurbel- oder Schieber-Stromwähler. Aus diesem Grunde ist heutzutage der Stöpsel-Stromwähler verlasseu uud gilt der Kurbel- oder Schieber-Stromwähler als der zuverlässigste und praktischeste unter allen angeführten.

Stromesunterbrecher und Stromwender oder Commutatoren.

Bei der praktischen Verwertung continuirlicher elektrischer Ströme zu therapeutischen und diagnostischen Zwecken tritt oft die Nothwendigkeit ein, bei an den Körper applicirten Elektroden den Strom einerseits plötzlich zu öffnen oder zu schließen, sowie andererseits die Richtung desselben umzukehren (den Strom zu wenden). Stromes-Öffnungen, -Schließungen und -Wendungen ließen sich wohl durch Entfernen wechseln und abermaliges Ansetzen der Elektroden ausführen, allein dies würde vorerst nicht die gewünschte plötzliche Öffnung, Schließung und Wendung des Stromes ersetzen, weil durch noch so rasches Abheben der an den Körper applicirten Elektroden der Strom durch Einschaltung größerer Widerstände während des Abhebens vor der völligen Unterbrechung vorerst noch erheblich geschwächt werden würde, indem die zuvor zusammengedrückten Gewebe, beim Aufhören des Druckes in ihre Gleichgewichtslage zurückkehrend, ihre Spannungen, ihre Durchtränkung mit Flüssigkeit, ihren Contact mit der Elektrode (ehe dieselbe gänzlich abgehoben werden konnte) etc. ändern; andererseits würden mindergradige Reactionen, wie z. B. schwache Muskelcontractionen beim Abheben und abermaligen Ansetzen der Elektroden leicht übersehen werden, aus welchem Grunde eben die Öffnung, Schließung und Wendung des Stromes „bei sitzenden Elektroden“, oder nach einer anderen Ausdrucksweise „im metallischen Theile des Schließungsbogens“ gefordert wird.

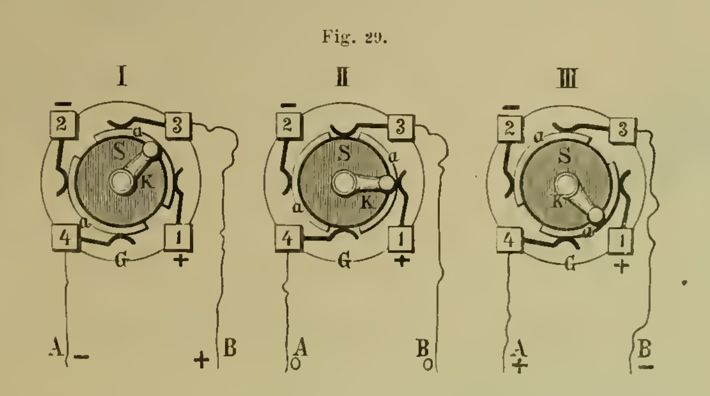
Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen des Stromes nennt man Stromesunterbrecher und benützt in der Physiologie verschiedene Ausführungen derselben (wie z. B. den Dubois-Reymond'schen Schlüssel, verschiedene Disjunctoren, Rheotome etc.); in der praktischen Heilkunde verbindet man gewöhnlich die Stromesunterbrecher mit den Stromwendern, oder verlegt sowohl die Stromesunterbrechung und Schließung, sowie die Stromwendung in die Elektroden (Unterbrechungs-Elektroden, Stromwende-Elektroden).

Der Stromwender muss demnach so eingerichtet sein, dass man mit Hilfe desselben sowohl den Strom beliebig öffnen und schließen, sowie auch dessen Richtung umkehren könne. Von den verschiedenen Ausführungen dieses Hilfsapparates seien hier nur einige erwähnt.

Der vorzüglichste und in der ärztlichen Elektrotechnik am häufigsten verwendete Stromwender ist der Siemens-Halske'sche. Derselbe besteht aus einem Gehäuse *G* (Fig. 29), innerhalb dessen mittels der Kurbel *K* eine Hartgummischeibe *S* (um einen Quadranten) hin- und hergedreht werden kann. Der größte Theil der Peripherie dieser Hartgummischeibe ist bis auf zwei diametral gegenüberliegende Stellen von den messingenen Halbringen *aa* umgeben. An dieser Drehscheibe schleifen vier starke Metallfedern, die von den Klemmen 1, 2, 3 und 4 ausgehen. Zwei diagonal gegenüberliegende Klemmen werden mit den Batteriepolen verbunden, von den anderen zwei gehen die Leitungskabel ab. Wäre

die Klemme 1 mit dem positiven und die Klemme 2 mit dem negativen Batteriepole verbunden, so leitet in Fig. 29 I *B* die Anode und *A* die Kathode zum Körper; in II ist der Strom unterbrochen, weil bei dieser Stellung die Ableitungsfedern 3 und 4 auf die unbelegte Peripherie der isolirenden Scheibe *S* zu liegen kommen. Bei III wäre (entgegen von I) *A* die Anode und *B* die Kathode.

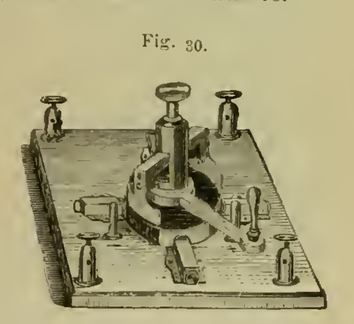
Fig. 29.



Dieser Stromwender gestattet somit durch eine geringe Handbewegung den Strom nach beiden Seiten hin zu öffnen und zu schließen (somit Anoden- und Kathoden-Öffnungen und Schließungen vorzunehmen), sowie auch den Strom zu wenden (Volta'sche Alternativen auszuführen). Die weitere Drehung der isolirenden Scheibe *S* wird durch Hemmstifte, gegen welche die Kurbel in den zwei extremen Stellungen (I und III) anschlägt, verhindert. Diese Hemmstifte sind am Deckel des Gehäuses *G*, durch welchen nur die Kurbelachse hindurchgeht, befestigt, welcher jedoch in den schematischen Figuren weggelassen werden musste.

Mitunter kommt es nur auf rasche Wendungen des Stromes an, die dann häufig nacheinander auszuführen sind (Volta'sche Alternativen). Damit die Hände bei diesen Bewegungen der Kurbel nicht zu rasch ermüden, hat Brenner eine in Fig. 30 dargestellte Modification angegeben, die darin besteht, dass über der nach aufwärts verlängerten Kurbelachse halbkreisförmige messingene Schaltstücke auf und ab verschiebbar sind, die sich an je einer Seite eng an die Metallbelegung der Drehscheibe anschließen, an der anderen Seite jedoch einen schmalen Spalt übrig lassen. Bei dieser Abänderung des Siemens-Halske'schen Commutators genügt schon eine minimale Drehung der Scheibe nach rechts oder links, um den Strom zu wenden. Soll dieser Stromwender jedoch als Unterbrecher fungiren, so werden die Schaltstücke, wie in der Fig. 30 dargestellt, emporgezogen.

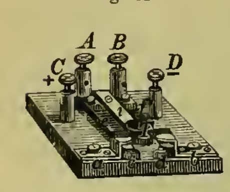
Fig. 30.



Um in noch bequemerer Weise rasch aufeinanderfolgende Stromeswendungen vornehmen zu können, haben Mayer und Wolf in Wien

einen sogenannten Taster-Commutator, Fig. 31, construirt. Auf einem entsprechenden Holzbrettchen sind vier Klemmschrauben *A, B, C* und *D*, zwei Metallwinkel *a* und *b* und unter ihnen zwei Contactknöpfe *c* und *d* (alle gegenseitig isolirt), befestigt. Von den etwas mehr nach rückwärts stehenden Klemmschrauben *A* und *B* gehen zwei starke Metallfedern *e* und *f* aus, von denen *e* durch ihre Elasticität gegen den Metallwinkel *a* und *f* gegen den Winkel *b* gedrückt wird. Nahe an den Klemmen *A* und *B* werden diese Contactfedern von einem isolirenden Hartgummibalken überbrückt, auf welchen die Feder *i*, die an ihrem Vorderende den Tasterknopf *T* trägt, festgeschraubt ist. Unmittelbar vor den Metallwinkeln trägt diese Feder *i* einen queren Hartgummistab, der beim Niederdrücken des Tasters *T* auf einmal die beiden Federn *e* und *f* nach abwärts drückt, so dass sie die Contactknöpfe *c* und *d* berühren. Die Metallwinkel *a* und *b*. sowie die Contactknöpfe *c* und *d* sind mit Platincontacten versehen und ist durch das Vorderende jeder der beiden Contactfedern *e* und *f* je ein Platinstäbchen durchgesteckt und beiderseits vernietet. Die Klemmschrauben *A* und *B* dienen zur Verbindung mit den Ableitungskabeln, während die Klemmen *C* und *D* zur Verbindung mit den Batteriepolen bestimmt sind. Die Klemme *C* steht durch Leitungen, die unter dem Brette geführt sind, mit dem Metallwinkel *a* und dem Contactknopfe *d*, die Klemme *D* hingegen mit dem Metallwinkel *b* und dem Contactknopfe *c* in Verbindung. Wird, wie in der Fig. 31 angedeutet, *C* mit dem positiven und *D* mit dem negativen Batteriepole verbunden, so wird, wenn die Contactfedern nach oben an die Metallwinkel drücken, bei *A* die Anode und bei *B* die Kathode abgeleitet werden. Drückt man die Federn jedoch mittels des Tasters *T* nach abwärts, dass sie die Contactknöpfe berühren, so ist der Strom gewechselt. Da die Contacte an den Metallwinkeln möglichst nahe den Metallknöpfen situirt sind, wird schon ein ganz leiser Druck zur Stromwendung genügen.

Fig. 31.



Außer diesen Stromwendern gibt es noch viele mehr weniger einfache und bequeme Ausführungen dieses Hilfsapparates. Zwei derselben seien hier noch kurz erwähnt.

Der eine ist der sogenannte Schieber-Stromwender, den ich schon wiederholt in meinen früheren Publicationen[1]) beschrieben und abgebildet habe.

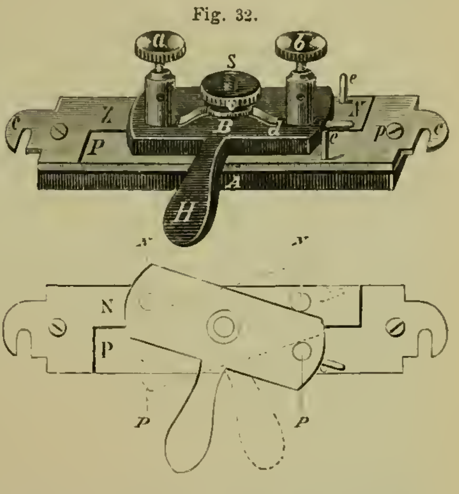
Dieser Stromwender wird nach Art des Schieber-Stromwählers ausgeführt und lässt sich so compendiös herstellen, dass er auf dem kleinsten Raume unterbracht werden kann. Dabei ist dieser Stromwender so einfach, dass er selbst zur Herstellung von Stromwende-Elektroden (Dr. Arnold's Stromwende-Elektrode) verwertet wurde.

Dieser Stromwender besteht aus drei von einander isolirten und gleich weit abstehenden, gleich breiten Metall-Contacten, sodann aus einer, vor diesen befindlichen Metallbrücke, auf welcher, wie beim Schieber Stromwähler

[1]) So z. B. im Kraus'schen Compendium der neueren medicinischen Wissenschaften, Artikel: Elektrotherapie, sowie im XVIII. Bd. von Hartleben's elektrotechnischer Bibliothek: Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde, pag. 163, Fig. 30.

eine Hülse verschiebbar ist, die hier aus isolirendem Material (Hartgummi oder Elfenbein) hergestellt werden soll und statt einer Contactfeder deren zwei trägt. Auf dieser isolirenden Hülse befinden sich noch zwei, von einander isolirte Klemmschrauben, deren jede mit je einer der Contactfedern leitend verbunden ist. Die abgerundeten messingenen Contactstücke an den Vorderenden dieser Federn sind so breit wie die Metallklötzchen und entspricht ihr Abstand von einander dem Abstande je zweier Contactklötzchen. Die beiden äußeren von diesen sind beispielsweise mit dem negativen, das mittlere derselben mit dem positiven Pole verbunden. Von den Klemmschrauben der Contactfedern gehen die Leitungsschnüre zu den Elektroden ab. Wird diese (die Ausleitungsklemmen und Contactfedern tragende) Hülse nach rechts verschoben, so leitet das rechte Kabel die Kathode, das linke die Anode ab; verschiebt man diese Hülse nach links, so leitet umgekehrt das rechte Kabel die Anode und das linke die Kathode fort. Die Schiene, auf welcher die Hülse hin und her verschoben wird, ist nur so lang, als die besprochenen Bewegungen es erfordern, wodurch jede weitere Bewegung, somit jede neuerliche Unterbrechung gehemmt wird. Verschiebt man die Hülse nur wenig, so dass die Contactfedern nicht auf die Contactklötzchen, sondern zwischen dieselben zu liegen kommen (es ist nämlich der Abstand je zweier Contactklötzchen größer, als deren Breite beträgt), so ist der Strom unterbrochen und kann aus dieser Stellung nach der einen oder anderen Seite hin beliebig geschlossen werden. Auch rasch nacheinander ausführbare Stromeswendungen lassen sich ganz bequem mit diesem einfachen Apparate ausführen.

Fig. 32.



Ein anderer, ebenso einfacher als bequemer Stromwender ist der von J. Leiter construirte. Fig. 32 zeigt eine Ausführung desselben, welche an jeder Batterie verwendet werden kann. Auf einer flachen prismatischen Hartgummitafel *A* sind zwei rechtwinkelig zugeschnittene Metallbleche *Pp* und *NN* festgeschraubt. Diese beiden Metallbleche besitzen an den einander zugekehrten Längsseiten drei kleine, halbkreisförmige Ausschnitte, und zwar entsprechend den Polklemmen *a* und *b*, sowie der Schraube *S* und sind sonst, wie aus der Fig. 32 ersichtlich, von einander isolirt. Oberhalb dieser Metallbleche *pP* und *NN* ist um die Achse *S* vermittels der Handhabe *H* das Hartgummitäfelchen *B*, welches die Klemmschrauben *a* und *b* trägt, soweit nach rechts und links drehbar, bis der nach rechts von dem Hartgummitäfelchen *B* ausgehende Fortsatz an die Hemmstifte *ee* anschlägt. Die Klemmschrauben *a* und *b* gehen durch die Hartgummitafel *B* hindurch und endigen unterhalb derselben in abgerundete Contactknöpfchen. Mittels der zweimal S-förmig gebogenen Feder *d* oder einer Spiralfeder und der Schraubenmutter *c* wird das Hartgummitäfelchen *B* beliebig stark nach abwärts gedrückt. Mittels der beiden zahnförmigen Ausschnitte *cc* kann

dieser Stromwender an zwei Klemmschrauben, von denen die eine mit dem positiven, die andere mit dem negativen Batteriepol verbunden ist, befestigt werden. Ist auf diese Weise das Metallblech Pp mit dem positiven und das Metallblech NN mit dem negativen Batteriepol leitend verbunden und befindet sich der seitliche Fortsatz des Plättchens B gerade in der Mitte zwischen den beiden Hemmstiften ee, wie in Fig. 32 die obere Darstellung zeigt, so stehen die Contactknöpfe der beiden Pol-Ausleitungsklemmen a und b innerhalb der kreisförmigen Ausschnitte der beiden Metallbleche unmittelbar auf dem Hartgummitäfelchen B und ist somit der Strom unterbrochen. Wird die Handhabe H nach links gedreht, was durch die untere schematische Abbildung der Fig. 32 in den ausgezogenen Linien dargestellt ist, so leitet a die Ka und b die Au ab; dreht man jedoch die Handhabe H nach rechts (welche Stellung in der schematischen Figur durch Punktlinien angedeutet ist), so wird von a die An und von b die Ka fortgeleitet. Es ermöglicht somit auch dieser Stromwender leicht und rasch ausführbare Öffnungen und Schließungen, sowie Stromeswendungen.

Galvanometer.

Zu den Hilfsapparaten, welche mit den zu ärztlichen Zwecken bestimmten Batterien ebenfalls fix vereinigt werden können, gehören noch speciell für elektro-medicinische Zwecke eingerichtete Galvanometer, die zur Messung der bei der Application der Elektricität zu elektro-diagnostischen und elektro-therapeutischen Zwecken benützten, beziehungsweise zur Dosirung der bei der praktischen Anwendung der Elektricität in der Medicin anzuwendenden Stromesintensitäten dienen. Die Galvanometerfrage wurde ärztlicherseits erst im letzten Decennium aufgeworfen und von mehrfacher Seite verschiedentlich discutirt und beantwortet: sie lässt sich in zwei von einander ganz differente Fragen auflösen, nämlich:

1. Ist es möglich, die in der praktischen Heilkunde benützten oder zu verwendenden Stromstärken auf eine leichte und bequeme Art mit Sicherheit zu messen und welche Apparate sind hiezu verwendbar? und

2. Hat die genaue Messung der therapeutisch verwendeten Stromesintensitäten einen praktischen Wert, und worin besteht dieser?

Während die zweite Frage erst in der II. und III. Abtheilung dieser Arbeit erörtert werden wird, muss die erste schon hier ihre Erledigung finden.

Pag. 40 wurde gezeigt, wie die chemische Action und pag. 43 wie die magnetische Wirkung des Stromes zur Messung seiner Intensität verwendet werden kann, und wurden zugleich betreffenden Orts die entsprechenden magnetischen und chemischen Stromstärke-Messapparate (Voltameter und Galvanometer) im Principe erörtert.

Bei der Verwertung der Elektricität zu Heilzwecken lassen sich nur magnetische Messinstrumente verwenden; sie sind einerseits weit empfindlicher als die chemischen und geben andererseits die Stromstärke momentan an, während letztere nur die durchschnittliche Stromesintensität während einer bestimmten Zeit anzeigen.

Sämmtliche Galvanometer sind aus einem beweglichen Magnete (Magnetnadel, spiegelnde Magnetscheibe, Hufeisen- oder Glockenmagnet etc.) und einem diesen Magnet umgebenden Stromkreis zusammengesetzt, der entweder aus einem einfachen Ringe oder einer aus vielen Windungen isolirten Drahtes hergestellten Spule besteht.[1] Je nachdem der bewegliche Magnet um eine verticale oder um eine horizontale Achse drehbar ist, unterscheidet man Horizontal- und Vertical-Galvanometer; bei ersteren schwingen die beweglichen Magnete in einer Horizontalebene, bei letzteren in einer Verticalebene.

Bei den Horizontal-Galvanometern unterscheidet man noch nach der Suspension des beweglichen Magnetes Instrumente mit Fadensuspension und solche mit Spitzensuspension; erstere sind unter sonst gleichen Bedingungen empfindlicher als letztere.

Ein einfacher Ring wird als Schließungsbogen des um den beweglichen Magnet zu leitenden Stromes bei der Pouillet'schen Tangenten-Boussole (vergl. pag. 43) verwendet. Ein aus vielen Drahtwindungen bestehender Stromkreis (Drahtspule) macht ein Galvanometer empfindlicher (Multiplicator).

Zum Messen in Stromkreisen mit hohem Widerstande gehören Galvanometer mit Spulen aus dünnem Drahte; in Stromkreisen geringen Widerstandes hingegen bedient man sich dickdrähtiger Windungen. Es können somit nicht verschiedenartige Ströme (z. B. Ströme einer Batterie aus vielen kleinen hintereinander geschalteten Elementen, sodann Ströme einer Batterie aus wenigen großplattigen Elementen oder Thermoströme) mit einem und demselben Galvanometer (wenn es nicht eigens für alle diese Zwecke eingerichtet, d. h. mit verschiedenen Drahtspulen versehen ist) gemessen werden, sondern soll der Galvanometerwiderstand womöglich dem inneren Widerstand der Kette gleich sein.

Was die Nomenclatur der einschlägigen Apparate anbelangt (die mitunter alle unter dem Namen Galvanometer kurzweg zusammengefasst werden), unterscheidet man Tangenten-Boussolen, Sinus-Boussolen, Galvanometer und Galvanoskope. Außerdem sind noch besonders eingerichtete, den Galvanometern anzureihende Apparate, wie z. B. Ampèremeter, Voltmeter etc., zu erwähnen.

Wie bereits (pag. 43) erwähnt wurde, ist der Ablenkungswinkel eines (horizontal) beweglichen Magnetes (in Kreisgraden ausgedrückt) nicht direct der Intensität des Stromes, durch dessen Einfluss er aus seiner Ruhelage gebracht wurde, proportional, sondern entspricht diese Stromstärke an den Tangentenboussolen nahezu der Tangente, an den Sinusboussolen dem Sinus des Ablenkungswinkels.

Galvanometer speciell nannten die Physiker ursprünglich eigenthümlicherweise gerade jene Instrumente, die nicht zum Messen der Stromstärke (lucus a non lucendo), sondern zum Nachweise schwacher Ströme dienten (die demnach viel richtiger Galvanoskope hätten genannt werden sollen). Dermalen versteht man unter der Bezeichnung Galvanometer auch noch alle Instrumente mit empirischen Scalen (somit die Ampèremeter, Voltmeter etc.).

---

[1]) Galvanoskope und Galvanometer mit fixem Magnet und beweglicher Drahtspule (Stromkreis) wurden bisher für medicinische Zwecke noch nicht hergestellt.

Multiplicatoren sind eigentlich alle einschlägigen Apparate, bei denen der Stromkreis aus vielen Drahtwindungen besteht (somit alle Galvanometer, die Sinus- und die meisten Tangentenboussolen).

Während der Ausdruck *Galvanometer* eigentlich auf alle Instrumente ausgedehnt werden kann, die zum Messen der Stromstärke dienen, werden jene Apparate, die nur das *Vorhandensein* eines Stromes anzeigen, *Galvanoskope* oder kurzweg *Stromboussolen* genannt. Es sind dies Instrumente mit Declinations- oder Inclinationsnadeln und einem nur *aus wenigen* Drahtwindungen bestehenden Stromkreis. Sie erfordern auch, ihrem Zwecke entsprechend, geringere Mühe und Sorgfalt bei ihrer Herstellung als die eigentlichen Messinstrumente.

Bei Horizontal-Galvanometern gehen die Drahtwindungen über und unter der Magnetnadel, bei Vertical-Galvanometern vor und hinter derselben, so zwar, dass die Ebene, in welcher die Windungen verlaufen, stets mit jener der Ruhelage der Magnetnadel zusammenfällt und auf der Drehachse der Magnetnadel senkrecht steht.

Der durch die Galvanometerwindungen fließende Strom sucht den beweglichen Magnet mit seiner magnetischen (Nord-Süd-) Achse senkrecht zur Ebene, in welcher der Strom kreist, abzulenken. Dieser Ablenkung durch den Strom wirkt der Erdmagnetismus entgegen, der bekanntlich einen in seinem Schwerpunkte allseits beweglichen Magnet einerseits in die Nord-Südrichtung, andererseits mit dem einen Ende gegen den Horizont geneigt zu stellen bestrebt ist. Ein zweites Hindernis für die genaue Einstellung eines beweglichen Magnetes durch den Strom und andere Kräfte besteht in der *Reibung* der Achsen aller Verticalnadeln und der auf Spitzen suspendirten Horizontalnadeln, sowie in der *Torsion* des Fadens bei den mit Fadensuspension eingerichteten Instrumenten. Eine halbwegs erhebliche Torsion, hauptsächlich aber die Reibung macht die Magnetnadel träge, beeinträchtigt somit deren Empfindlichkeit, während die an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche variable Intensität des Erdmagnetismus es mit sich bringt, dass eine und dieselbe Nadel unter dem Einflusse derselben Stromstärke an verschiedenen Orten verschiedene Ausschläge gibt.

Die Einflüsse der Reibung und Torsion sucht man einerseits dadurch auf ein Minimum zu reduciren, dass man bei Verticalnadeln die Achse durch deren Schwerpunkt gehen lässt und ihre Enden in den Lagern sehr leicht beweglich einrichtet, bei Horizontalnadeln die Spitzen ihrer verticalen Achsen möglichst scharf herstellt und zur Suspension nur ungedrehte Fäden (Coconfäden) nimmt, dass man ferner das Gewicht des beweglichen Magnetes möglichst vermindert und ihn thunlichst stark magnetisirt, so dass die erwähnten mechanischen Bewegungshindernisse gegen das magnetische Moment der Nadel vernachlässigt werden können und letztere aus ihrer Ruhelage gebracht und sich selbst überlassen, fast ungehindert in ihre frühere Gleichgewichtslage zurückschwingt.

Die Einwirkung des Erdmagnetismus auf eine freibewegliche Magnetnadel lässt sich in zwei Componenten zerlegen, nämlich in die *Horizontal-* und *Verticalcomponente* (deren Resultirende eben die gesammte Intensität des Erdmagnetismus ausmacht, die, wie oben erwähnt, einen in seinem Schwerpunkt aufgehängten und allseits freibeweglichen Magnet einerseits in den magnetischen Meridian und andererseits mit dem einen Ende gegen den Horizont geneigt, stellt).

Durch die Suspensions-Vorrichtung (sei es Faden- oder Spitzensuspension) wird die Einwirkung der Verticalintensität auf die Nadel vollkommen aufgehoben, so dass auf sie nur die Richtkraft der horizontalen Intensität übrig bleibt, bei einer horizontalen Achse hingegen wirken unter den meisten Verhältnissen beide Componenten; nur unter der Bedingung, dass die Drehachse in der Declinationsebene liegt, fällt hier die Wirkung der Horizontalcomponente ganz weg.

Sowohl die Horizontal-, wie auch die Verticalintensität ist an verschiedenen Orten zu derselben Zeit verschieden; beide Componenten variiren indes auch an einem und demselben Orte, und zwar werden einerseits periodische Schwankungen und andererseits unregelmäßige Störungen derselben unterschieden. Die periodischen Schwankungen sind tägliche, jährliche und säculare, die unregelmäßigen Störungen vorübergehende oder bleibende.

Von den zeitlichen Schwankungen der Horizontal- und Verticalcomponente des Erdmagnetismus an einem und demselben Orte kann bei Benützung der für ärztliche Zwecke eingerichteten Galvanometer abgesehen werden, hingegen müssen die örtlichen Differenzen derselben in Rechnung gezogen und berücksichtigt werden, ansonsten die mit einem und demselben Galvanometer an verschiedenen, von einander erheblich entfernten Orten gemachten Beobachtungen unrichtig und miteinander unvergleichbar wären.

Zu genauen galvanometrischen Messungen sind nur einzig und allein Horizontalgalvanometer verwendbar; Verticalgalvanometer hingegen sind wenigstens zu Messungen schwacher Ströme nicht geeignet. Die Anzeige eines Verticalgalvanometers hängt nämlich vom magnetischen Momente der Verticalnadel, vom Einflusse der Verticalintensität des Erdmagnetismus, von der Reibung und von der richtigen mechanischen Ausführung ab. Die Anzeige eines Horizontalgalvanometers ist hingegen vom magnetischen Momente der Nadel unabhängig und hängt somit nur von der Horizontalintensität und der Reibung des Achathütchens auf einer Nadelspitze oder der Torsion des Suspensionsfadens ab. Die Reibung einer Horizontalnadel im Achathütchen auf einer gut gehaltenen Spitze ist jedoch einerseits gegen die Reibung einer Verticalnadel (mag es Zapfen- oder Schneiden-Reibung sein) verschwindend klein und wird für feine Instrumente überhaupt nur die Fadensuspension verwendet; andererseits kann die Torsion des Suspensionsfadens in Rechnung gezogen werden, wogegen die Reibung der horizontalen Achse einer Inclinations- (Vertical-) Nadel allzu variabel ist, als dass sie einem Calcül unterzogen werden könnte.

Die mechanische Ausführung des beweglichen Magnetes eines Horizontalgalvanometers involvirt keinerlei Schwierigkeiten, wogegen die Herstellung einer richtigen Verticalnadel mit absoluter Sicherheit kaum ausführbar ist; denn vorerst muss die horizontale Achse der vertical schwingenden Magnetnadel genau durch den Schwerpunkt derselben gehen, zweitens soll die magnetische Achse der Nadel mit ihrer geometrischen zusammenfallen und drittens soll die Reibung der Achse constant und im ganzen gegen das magnetische Moment der Nadel verschwindend klein sein.

Da der bewegliche Magnet eines Horizontalgalvanometers bloß die Richtung der Resultirenden zwischen der Horizontalintensität des Erdmag-

netismus und der ablenkenden Wirkung des galvanischen Stromes anzeigt, ist die Größe des magnetischen Momentes desselben in Bezug auf die Richtigkeit der Angaben, wie bereits erwähnt, irrelevant. Verticalnadeln hingegen stehen dem Obigen zufolge unter dem Einflusse des Stromes, der Verticalintensität des Erdmagnetismus und der Schwere. Von ihnen wird gefordert, dass, wenn ihre Angaben auf Richtigkeit Anspruch machen sollen, ihr magnetisches Moment und die Lage des Schwerpunktes gegen die Drehungsachse, im allgemeinen auch die Stellung gegen den magnetischen Meridian unverändert bleibe.[1])

Schon die Abhängigkeit des Verticalgalvanometers von dem magnetischen Momente seiner Nadel macht dieses Instrument von vorneherein, ohne auf irgend welche specielle Ausführung Rücksicht zu nehmen, zu allen feineren Stromstärkebestimmungen ungeeignet, da das magnetische Moment einer Galvanometernadel eine Größe ist, die sich nicht einen Augenblick constant erhalten lässt. Der Wert des magnetischen Moments verändert sich nämlich nicht nur mit der Zeit, sondern ist die Nadel hauptsächlich durch die das Galvanometer durchfließenden Ströme fortwährenden magnetischen Wertveränderungen unterworfen, ganz abgesehen davon, dass diese Größe in erster Richtung noch von der Sorte und Härte des Stahls, sowie von der Behandlung des Instrumentes abhängt.

Diese Abhängigkeit des Verticalgalvanometers vom magnetischen Momente seiner Nadel wurde zwar u. A. von A. de Watteville[2]) und von F. Müller[3]) erwähnt, von ersterem jedoch unterschätzt. De Watteville anerkennt zwar, dass die Nadel des Verticalgalvanometers stets das gleiche magnetische Moment besitzen müsse, welches der Graduirung zugrunde gelegt worden und gibt auch zu, dass dies eine kaum ausführbare Bedingung seiner Verwendbarkeit sei, meint jedoch trotzdem, dass man durch „periodisches Nachmagnetisiren der Nadel jenen Grad von Genauigkeit, der in der Praxis erfordert wird, erreichen könnte“ (?). Nun ist aber die Verticalnadel überhaupt schon wegen ihrer großen Reibung in ihren Angaben ungenau und gestattet selbst in vorzüglichster Ausführung keine halbwegs exacte Messung, zumal schwacher Ströme, aus welchem Grunde auch ein von Fall zu Fall verschiedener Wert des magnetischen Momentes durchaus nicht zur Erhöhung der Sicherheit der Angaben eines Verticalgalvanometers beitragen dürfte. De Watteville hat allerdings recht, dass die Verticalnadel unabhängig sei von der erdmagnetischen Horizontalintensität, (jedoch nur falls ihre Drehachse in der Declinationsebene liegt). Der genannte Autor geht indes zu weit, wenn er behauptet, „dass die Aichung eines Verticalgalvanometers für alle Zeiten und alle Orte der Erde entspreche, wenn nur dafür gesorgt wird, dass das magnetische Moment der Nadel sich stets gleich bleibe,“ und diese Anschauung dadurch zu begründen sucht, dass er fortfährt: „Die Arbeit, welche der Strom bei der Ablenkung der Nadel des Verticalgalvanometers leistet, besteht einzig und allein in der Überwindung der Einwirkung der Schwerkraft auf die Nadel, anstatt der Richtkraft des

---

[1]) Kohlrausch, Lehrbuch der prakt. Physik, V. Aufl. 1884, pag. 217.

[2]) A practical introduction to medical electricity II. ed. London 1884, pag. 28.

[3]) Zur Messung und Dosirung des galvanischen Stromes in der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie. Memorabilien, Monatshefte für praktische Ärzte, XXV. Jahrg. 1880, 7. Heft, pag. 249.

Erdmagnetismus, wie dies beim Horizontalgalvanometer der Fall ist“; denn auf die Verticalnadel wirkt der verticale Antheil des Erdmagnetismus ein, außer man verwendet eine astatische Nadel (indem man die Nadel in der Ost-Westrichtung schwingen lässt und die Achse derselben geneigt, in die Richtung der magnetischen Inclination des Ortes bringt), was jedoch wegen der schiefen Stellung der Achse und der hiedurch vermehrten Reibung unzweckmäßig wäre, oder man wählt ein astatisches Nadelpaar, das aber als verticales astatisches System schon in kürzester Zeit seine Astasie verlieren wird.

Alle Verticalgalvanometer, die bisher von den Mechanikern hergestellt wurden (nämlich mit einer horizontalen Achse der Verticalnadel), unterliegen (trotz mehrfacher gegentheiliger Angaben) der Einwirkung des Erdmagnetismus, am stärksten aber in der Ost-Westlage der Drehachse, weshalb auch eine derartige Nadel (gerade in der Ost-Weststellung) viel schneller schwingt, als wenn sie eine Horizontalnadel wäre. Letztere kann noch dazu durch eine entsprechend angebrachte Kupferdämpfung von ihren Schwingungen befreit (d. h. aperiodisch gemacht) werden und stellt sich (wenn richtig ausgeführt) schwingungslos in die neue, durch den Einfluss des Stromes bedingte Ruhelage ein; bei Verticalgalvanometern hingegen lässt sich eine derartige Dämpfung nicht anbringen und ist dieselbe auch gar nicht wünschenswert [1], weil durch sie die Nadel allzu träge würde.

Um die Empfindlichkeit eines Galvanometers zu erhöhen, wird dessen Nadel astasirt. Bei der Horizontalnadel kann man dies dadurch erreichen, dass man einem ihrer Pole im magnetischen Meridiane einen kräftigen Magnetstab mit dem gleichen Pole nähert, ohne dabei ihre Einstellung in den magnetischen Meridian zu ändern; dadurch wird die Wirkung des Erdmagnetismus aufgehoben. Auch Inclinationsnadeln könnte man astasiren, entweder durch passende Annäherung eines Magnetstabes, oder indem man ihre Drehachse parallel zur erdmagnetischen Inclinationsrichtung stellt; indessen hat dieses für unsere Zwecke keine praktische Anwendbarkeit.

Nobili hat eine Combination zweier möglichst gleicher, aber mit ihren entgegengesetzten Polen parallel übereinander gestellter und fix miteinander verbundener Magnetnadeln zur Eliminirung der Wirkung des Erdmagnetismus angegeben. Diese Combination, astatisches Nadelpaar, oder astatisches System, oder kurzweg astatische Doppelnadel genannt (vergl. pag. 45), ist zwar fast nie vollkommen astatisch, da es mechanisch sehr schwer ausführbar ist, zwei vollkommen gleiche (d. h. in allen Dimensionen übereinstimmende und gleich stark magnetisirte) Magnetnadeln herzustellen und überdies noch mit ihren magnetischen Achsen parallel übereinander zu lagern, da es nur in den seltensten Fällen vorkommt, dass die magnetische und geometrische Achse der Nadel zusammenfällt, zumal die erstere sich überhaupt nur schwer und nicht genau bestimmen lässt, indessen sind diese Nobili'schen Nadeln für feine Untersuchungen und bei Galvanometern für sehr schwache Ströme sehr wohl zu verwenden.

Die Physiker benutzten seit Ampère (vergl. pag. 43) das Horizontalgalvanometer in Form der Tangenten- und Sinusboussole zu allen exacten

[1] Vergl. C. W. Müller, Zur Einleitung in die Elektrotherapie. Wiesbaden 1885, pag. 32, 33, 39 und 42.

und genauen Messungen. Die Tangentenboussole wurde auch von den Ärzten zunächst in Anwendung gezogen. Schon Frommhold erwähnt in seiner 1867 publicirten Monographie: „Der constante galvanische Strom, modificirbar in seinem Quantitäts- und Intensitätswert" dieses Instrumentes und bildet es auf pag. 25 in Verbindung mit seiner Zink-Blei-Platinmoor-Tauchbatterie ab. In Form eines Multiplicators empfiehlt 1866 Schivardi[1]) das Horizontalgalvanometer zur Messung der in der Heilkunde verwendeten Stromesintensitäten. Seither finden wir sowohl Tangentenboussolen als auch Nobili'sche Multiplicatoren mit astatischem Nadelpaar von Ärzten häufig benützt. Während aber bei der Tangentenboussole die Stromesintensität der Tangente des Ablenkungswinkels proportional ist und die Nobili'schen Multiplicatoren für kleine Ablenkungswinkel ebenfalls als Tangentenboussolen angesehen werden können, notirten die Ärzte häufig die Ablenkungswinkel direct und benützten dieselben irrigerweise als Maß der Stromstärken. Ja selbst neuestens wurde von berufener Seite ein Galvanometer für ärztliche Zwecke angegeben, bei welchem die Ablenkungswinkel (in Kreisgraden) direct als Stromstärkemaße benützt werden sollen.

Alle derartigen Angaben sind unbrauchbar und wertlos. Aber auch die Tangenten der Ablenkungswinkel sind nur für den Besitzer des betreffenden Galvanometers vergleichbare Stromstärkemaße; denn die Ablenkungswinkel (beziehungsweise deren trigonometrische Tangenten) verschiedener Tangentenboussolen und Multiplicatoren nach Einwirkung derselben Stromstärke stimmen nicht untereinander, selbst wenn man sowohl die Dimension der beweglichen Magnete als auch die Windungszahl und Widerstände der Galvanometerrollen mit peinlichster Genauigkeit gleich zu machen bestrebt wäre, aus welchem Grunde derartige Instrumente nicht ohne weiters untereinander verglichen werden können.

Die gleichen Stromstärken bringen selbstverständlich an einem guten Galvanometer immer die gleichen Ausschläge hervor: schwächere Ströme kleinere, stärkere Ströme größere Ausschläge; die Größe der Ausschläge folgen, wie wir bereits oben anführten, ungefähr dem Tangentengesetze, d. h. die verschiedenen Ströme, welche durch ein und dasselbe Galvanometer geschickt werden, bringen solche Ausschlagwinkel an der Nadel hervor, dass sich die Stromstärken verhalten wie die trigonometrischen Tangenten dieser Winkel. Die Ströme sind also durch ein Instrument wohl unter sich vergleichbar, — nicht aber sind dies unter sich so ohne weiters die Angaben verschiedener Instrumente; eine solche Vergleichungsmöglichkeit ist aber dadurch vorhanden, dass man außer dem Ablenkungswinkel, den ein Strom an irgend einem Galvanometer hervorbrachte, noch die sogenannte Galvanometerconstante, (auch Reductionsfactor des Instrumentes genannt) angibt; diese ist eine Zahl, mit welcher man die Tangente jedes Ablenkungswinkels eines bestimmten Instrumentes zu multipliciren hat, um die Stromstärkeangabe z. B. in chemischem Maße zu erhalten.

Für chemisches Maß findet man diesen Reductionsfactor dadurch, dass man in einen und denselben Stromkreis ein Voltameter und eine Tangentenboussole einschaltet, das in der Minute entwickelte Knallgasvolum

---

[1]) Plinio Schivardi, Il Galvanometro-Tipo. Milano, Giuseppe Chiusi, 1866.

auf 0° C. und dem Normalbarometerstand von 760 *mm* reducirt, und sodann die erhaltene Anzahl von Cubikcentimetern Knallgas durch die Tangente jenes Ablenkungswinkels, der zu gleicher Zeit an der Tangentenboussole abgelesen wurde, dividirt. Auf diese Weise erhält man für das benützte Instrument eine Constante, welche für jede Stromstärke das Verhältnis zwischen der Tangente des Ablenkungswinkels und der producirten Knallgasmenge angibt und der Reductionsfactor desselben genannt wird; durch Multiplication der Tangenten der jeweiligen Ablenkungswinkel mit dieser Constanten kann somit die Stromstärke in chemischem Maße angegeben werden.

Um die Stromstärke direct in Ampères angeben zu können, muss man von der Tangentenboussole den Radius der Windungen (R), die Anzahl derselben (n) und die Größe der magnetischen Horizontalintensität im C G S- (cm — g — sec.) Maße ausgedrückt (H, für Mitteleuropa zumeist $= 0 \cdot 2$) kennen; die Stromstärke J in Ampères ausgedrückt, lässt sich hieraus berechnen, und zwar ist $I = \frac{10\,H\,R}{2\,n\,\pi}$ tang. φ.

Es ließe sich somit schon die Tangentenboussole als absolutes Galvanometer benützen, wenn die Stromstärke in der angegebenen Weise für jeden Ablenkungswinkel berechnet werden würde; diese Berechnung könnte ein für allemal ausgeführt und auf einer zum Gebrauche stets bereitgehaltenen Tabelle verzeichnet werden.

Allein die gewöhnlichen Pouillet'schen Tangentenboussolen sind für den ärztlichen Gebrauch zumeist zu wenig empfindlich; die empfindlichen Spiegelgalvanometer hingegen sind schon wegen ihrer umständlichen Aufstellung und Ablesung unzweckmäßig, die Sinusboussolen dagegen wegen des zeitraubenden Nachdrehens des Verticalkreises für medicinische Zwecke unpraktisch.

Aus diesem Grunde werden auch heutzutage nur aperiodische Galvanometer mit einer empirischen Scala, welche eine Aichung nach absolutem Stromstärkemaße, und zwar für elektro-diagnostische und elektro-therapeutische Zwecke in Milli-Ampères (M. A.) besitzt, an denen also der jeweilige Ablenkungswinkel direct das Maß der Stromesintensität angibt, in der Heilkunde verwendet.

Ehe indes noch Horizontalgalvanometer von den Ärzten zu Stromstärkemessungen verwendet wurden, benützten dieselben Verticalgalvanoskope (die zuerst in der Telegraphie zur Anzeige der Stromesrichtung in Gebrauch standen) zum Nachweise des Stromes oder der Stromesrichtung. Verticalgalvanoskope wurden hinfort den besser ausgestatteten Batterien für ärztliche Zwecke gewöhnlich (schon der Zierde halber) beigegeben und wurden dieselben den Horizontalgalvanoskopen öfters aus dem Grunde vorgezogen, weil die Ablesung bei einer vertical schwingenden Nadel bequemer ist als bei einer Horizontalnadel, da man die jeweilige Stellung der ersteren schon aus der Ferne beobachten kann, bei letzterer aber das Auge senkrecht über die Theilung bringen muss. Dies ist indes der einzige Vorzug der Verticalgalvanoskope gegenüber den Horizontalboussolen. Dieses Vorzuges willen haben Manche versucht, das Horizontalgalvanometer durch das Verticalgalvanometer zu verdrängen, allein alle bisherigen Versuche bewiesen nur die Überlegenheit eines richtig construirten Horizontalgalvanometers über alle bisher bekanntgewordenen Verticalgalvanometer. Nebenbei sei noch er-

wähnt, dass auch bei jedem Horizontalgalvanometer einfach mit Hilfe eines Planspiegels die jeweilige Ablenkung der Magnetnadel auch aus der Ferne wahrgenommen werden kann und dass selbst Horizontalgalvanometer mit verticalem Zeiger hergestellt worden sind, so dass heutzutage kaum mehr das unverlässliche Verticalgalvanoskop oder Verticalgalvanometer gegen die richtig ausgeführten Horizontalgalvanoskope und Horizontalgalvanometer in Betracht zu ziehen sein wird.

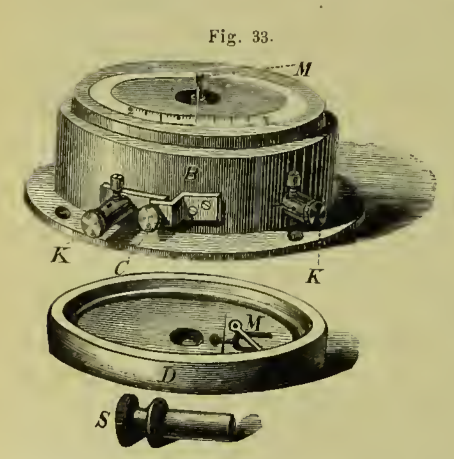
Horizontalgalvanometer.

Der internationale Congress der Elektriker zu Paris im Herbste 1881 empfahl den Praktikern ausschließlich nur solche Galvanometer zur Messung der zu elektrotherapeutischen Zwecken angewendeten continuirlichen Ströme zu benützen, welche nach absolutem Stromstärkemaße (nämlich in Einheiten bezogen auf das C G S-System) graduirt sind; „alsdann werden nämlich die Elektrotherapeuten sagen können, dass sie unter Anwendung eines Stromes von bestimmter absoluter Stärke diesen oder jenen Erfolg erzielt zu haben glauben.“

Derartige Instrumente wurden zuerst im Jahre 1872 von Dr. M. Th. Edelmann in München und im November 1873 von A. Gaiffe[1] in Paris construirt.

Das Edelmann'sche Galvanometer für medicinische Zwecke war nach dem chemischen Stromstärkemaße (1 mm^3 Knallgas per Minute als Einheit) graduirt. Nach dem Bekanntwerden der Beschlüsse des Pariser Congresses von 1881 nahm Edelmann die Aichung dieses Galvanometers in M. A. (Milli-Ampères) vor und stellte zunächst ein für den Praktiker sehr compendiöses, leicht transportables Taschengalvanometer, Fig. 33, her.

Fig. 33.



Es besteht aus einer Holzbüchse B, die oben die Theilung und die Magnetnadel enthält und unten eine starke Messingplatte als Stativ besitzt, die bei stabiler Anwendung des Instrumentes nach richtiger Einstellung desselben auf einer fixen Unterlage festgeschraubt werden kann. Innerhalb dieser Büchse befindet sich ein massiver Kupfercylinder, in dessen Achse die Metallspitze für die Magnetnadel bis in das Niveau der Kreistheilung ragt. Außer diesem Kupfercylinder enthält die Büchse B noch die Windungen des Multiplicatordrahtes, dessen freie Enden mit den Klemmen $K K$ am äußeren Umfange der Holzbüchse metallisch verbunden sind Außer diesen Windungen ist noch eine Rolle isolirten Drahtes in dieser Holzbüchse untergebracht, deren Widerstand genau den neunten Theil des

[1]) Das Gaiffe'sche Galvanometer blieb bis zum Jahre 1877 unbeachtet.

Gesammtwiderstandes der Galvanometerwindungen besitzt; das eine Ende dieses Drahtes ist mit der rechten Polklemme *K*, das andere mit dem Metallstücke *C* verbunden. Dieses Metallstück enthält eine Schraube, durch welche es mit der linken Klemme *K* in Contact gesetzt werden kann.

Der hier verwendete bewegliche Magnet ist hufeisenförmig und trägt an der Innenseite seiner Curvatur das Achathütchen, mittels dessen er auf die Metallspitze gestellt werden kann. Da die Pole dieses Magnetes innerhalb des Kupfercylinders sich befinden und die verschiedene Stellung desselben äußerlich nicht sichtbar wäre, ist an der Außenseite seiner Curvatur ober dem Achathütchen eine stielförmige Verlängerung angebracht und in derselben ein Zeiger genau in der Ebene des magnetischen Meridians dieses kleinen Hufeisenmagnetes befestigt, der oberhalb der Theilung die Bewegung desselben mitmacht und seine jeweilige Stellung anzeigt.

Wird nun der eine Batteriepol mit der einen Klemme *K* des Galvanometers verbunden, von der zweiten Klemme *K* desselben eine Leitung zu der einen Elektrode geführt, die andere Elektrode sodann direct mit dem zweiten Batteriepol in Verbindung gesetzt, und werden beide wohl durchfeuchtet an den menschlichen Körper applicirt, so wird die Ablenkung der Galvanometernadel die Stromstärke des eben durch den Körper und das Galvanometer circulirenden Stromes in M. A. anzeigen.

Wird die Schraube *C* zurückgeschraubt, so dass zwischen dem sie tragenden Metallstücke und der linken Polklemme *K* kein Contact stattfindet, so hat das Instrument einen Messumfang von 3 M. A.; die Zehntel sind durch Punkte markirt, die Hundertel müssen abgeschätzt werden.

Befände sich beispielsweise der Zeiger des beweglichen Magnetes mitten zwischen dem 13. und 14. Theilpunkte, so würde dies eine Stromstärke von 1·35 M. A. anzeigen. Wird jedoch die Schraube *C* niedergeschraubt, so dass zwischen ihr und der linken Klemmschraube *K* metallischer Contact herrscht, so wird dem vorher Auseinandergesetzten zufolge nur der zehnte Theil der Gesammtstromstärke durch die Galvanometerwindungen und neun Zehntel derselben durch die Nebenschließung fließen; die vorher abgelesene Stromstärke erhält hiedurch den zehnfachen Wert und entspricht 13·5 M. A. Durch Einschaltung dieses Zweigstromes erlangt das Galvanometer einen Messumfang von 30 M. A., was annähernd einer Stromstärke von 60 Daniell-Elementen nach Einschaltung des menschlichen Körpers gleichkommt, welche Stromstärke in der Elektrothérapie kaum je verwendet werden dürfte.

Für den Transport wird die hufeisenförmige Galvanometernadel *M* innerhalb des Deckels *D*, wie in Fig. 33 ersichtlich, untergebracht und befestigt; sodann wird dieser Deckel der Holzbüchse aufgesetzt und mittels der Schraube *S* fixirt.

Für den Gebrauch stellt man vorerst das Instrument auf einer fixen Unterlage, beispielsweise dem Fensterbrett oder einem festen Tische möglichst weit von magnetischen Gegenständen oder größeren Eisenmassen auf, entfernt die Schraube *S*, hebt den Deckel des Instrumentes ab, entnimmt demselben die Galvanometernadel, fasst sie am stielförmigen Fortsatz und hängt sie vorsichtig auf die Stahlspitze innerhalb des Kupfercylinders auf. Durch die Unterbringung der Magnetnadel im Deckel während des Nichtgebrauches wird die Spitze geschont, somit die Empfindlichkeit des Instrumentes bei nur einiger Sorgfalt erhalten. Ist das Instrument aufgestellt (und nicht schon vorher ein- für allemal in die richtige Lage

gebracht), so drehe man das Instrument solange, bis der Zeiger auf Null einspielt. Hat man sodann einen schwachen Strom, beispielsweise den Strom eines einzigen Elementes eingeschaltet, so wird die Galvanometernadel infolge der Dämpfung durch den Kupfercylinder nach 1—2 Schwingungen durch ihre neue Ruhelage sofort die betreffende Stromstärke anzeigen. Wendet man den Strom, so muss die Ablenkung auf der entgegengesetzten Seite gleich groß sein. Ist dies nicht der Fall, so war das Instrument entweder noch nicht richtig aufgestellt, oder ist die Trägheit der auf einer Spitze suspendirten Magnetnadel daran schuld; im letztern Falle klopfe man leise mit dem Finger auf die Unterlage, auf welcher das Instrument aufgestellt ist, um hiedurch die Reibungshindernisse zu überwinden, im erstern Falle corrigire man durch entsprechendes Drehen der Holzbüchse die Stellung des Instrumentes. Erst, wenn nach mehrmaligen Stromeswendungen die Anzeigen der Galvanometernadel auf beiden Seiten gleich sind, ist das Instrument richtig aufgestellt und zur Benützung geeignet. Bei Einschaltung des menschlichen Körpers und des Galvanometers in einen und denselben ungetheilten Stromkreis (Hauptschließung) braucht man, falls die Galvanometernadel sich etwas träge erweisen sollte (was sich bei Spitzensuspension nie ganz eliminiren lässt) nur dem bereits Erwähnten zufolge auf die Unterlage leise zu klopfen, wo sie dann rasch ihre entsprechende Lage einnimmt.

Dieses Instrument verdient die Bezeichnung Taschengalvanometer vollkommen, da es sehr handlich und leicht transportabel ist. Fig. 33 stellt das Instrument in halber natürlicher Größe dar.

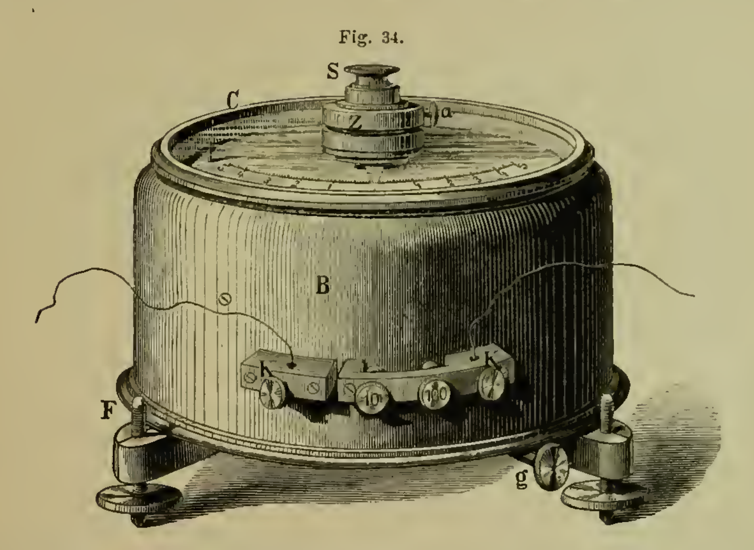
Die infolge der Reibung zeitweilig auftretende Trägheit der Galvanometernadel, ein Übelstand, der allen auf Spitzen suspendirten Magnetnadeln eigen ist, wurde besonders erwähnt, und zugleich das einfache Mittel, dieselbe zu überwinden, angegeben. Bei Benützung des Taschengalvanometers ist stets darauf zu achten, dass die Spitze innerhalb des Kupfercylinders jederzeit tadellos und das Achathütchen staubfrei sei, weil sonst die Angaben des Instrumentes infolge der zunehmenden Trägheit ungenau würden. Um diese durch die Spitzensuspension bedingten Misstände zu beseitigen, hat Dr. M. Th Edelmann auf Veranlassung des Geheimrathes Professors von Ziemssen ein Galvonometer für ärztliche Zwecke mit Fadensuspension construirt, welches Ziemssen im Archive für klinische Medicin[1]) beschrieb und welches auf der Münchener Elektricitätsausstellung 1882 exponirt war. Infolge weiterer Erfahrungen über absolute Galvanometer für medicinische Zwecke hat Edelmann aus eigener Initiative dieses Instrument reconstruirt und als Einheitsgalvanometer für medicinische Zwecke auf der Wiener Elektricitätsausstellung 1883 exponirt, in welcher Ausführung es ein wahrhaftes Präcisionsinstrument ist und in jeder Hinsicht ausgezeichnet functionirt.

Dieses vortreffliche Instrument ist in Fig. 34 in halber natürlicher Größe dargestellt. Die die wesentlichen Bestandtheile desselben bergende Holzbüchse B, welche an ihrem Umfange die Metalltheile KK mit 4 Klemmschrauben trägt (von denen die beiden innern mit den Ziffern 10 und 100 bezeichnet sind), steht auf einem Metalldreifuß F und kann durch die Stellschrauben desselben leicht in die horizontale Lage gebracht werden; oben

[1]) Archiv f. klin. Med., Bd. 30, Heft 5 und 6.

befindet sich die Boussole *B*. Ihr beweglicher Magnet ist glockenförmig und besitzt an seiner convexen Kuppe einen nach aufwärts gerichteten Fortsatz mit einer Öse zur Befestigung eines vierfachen Coconfadens, mittels dessen dieser bewegliche Magnet suspendirt werden kann. Durch diesen Fortsatz geht horizontal ein leichter Aluminiumzeiger, der über der Eintheilung, die beiderseits die Bezifferung 1, 2, 3, 4 und 5 enthält, spielt.[1] Die Zehntel sind ebenfalls markirt, die Hundertel müssen, wie beim Taschengalvanometer, abgeschätzt werden. Über diesem Aluminiumzeiger befindet sich eine Glasplatte, die am oberen Rande der Holzbüchse aufsitzt und durch den abschraubbaren Ring *C* in dieser Lage fixirt wird. In ihrem Centrum ist diese Glasplatte kreisförmig durchbohrt und an derselben zwei Metallringe *Z*, von denen der untere eine hohle Schraubenspindel, der obere eine Schraubenmutter darstellt, befestigt. Innerhalb dieser Metallröhre ist ein cylindrischer Metallzapfen *S* auf- und abschiebbar, der an seiner Unterseite ebenfalls eine Öse zur Fixirung des vorhin erwähnten Coconfadens besitzt und durch die

Fig. 34.



seitliche Schraube *a* innerhalb der Röhre *Z* festgeklemmt werden kann. Der glockenförmige Magnet schwingt innerhalb eines dickwandigen Kupfercylinders, wodurch eine so hochgradige Dämpfung erzielt wird, dass derselbe seine Ruhe- oder Ablenkungsstellung fast schwingungslos einnimmt.

Innerhalb der Holzbüchse *B* befinden sich die isolirten Drahtwindungen der Multiplicatorrollen des Galvanometers und ist der Anfang und das Ende dieses Drahtes mit den beiden Polklemmen *K K* wie beim Taschengalvanometer verbunden. Außer den Galvanometerrollen befinden sich innerhalb der Holzbüchse noch zwei isolirte Widerstandsrollen, von denen die eine genau 1/9, die andere 1/99 des Gesammtwiderstandes der Multiplicatorrollen besitzt. Der Anfang der Drahtwindungen dieser beiden Widerstandsrollen ist mit der linken Klemmschraube *K* verbunden, das Ende dieser Drähte aber zu Metallcontacten geführt, die unter den mit 10

[1]) Der Querschnitt dieser Suspensionsvorrichtung ist an dem astatischen Galvanometer Dr. M. Th. Edelmann's, das dem Arnheim'schen Apparate (siehe II. Abtheilung) beigegeben ist, sichtbar.

und 100 bezeichneten Schrauben an der Peripherie der Holzbüchse befestigt sind.

Zur leichteren Einstellung des Instrumentes in die Nord-Südrichtung ist die ganze Holzbüchse sammt der Boussole mittels eines conischen Zapfens innerhalb des Dreifußes *F* drehbar und kann in der richtigen Lage durch die Schraube *G* fixirt werden.

Um dieses Instrument transportiren zu können, wird der cylindrische Zapfen *S* nach Lockerung der Schraube *a* so tief herabgeschoben, dass der bewegliche glockenförmige Magnet auf den Boden der cylindrischen Höhlung des Dämpfers aufsteht. Hiedurch wird der Coconfaden gelockert und durch Fixirung des Zapfens *S* in dieser Stellung vor dem Zerreißen geschützt.

Soll der Apparat benützt werden, so wird derselbe vorerst auf einer fixen Unterlage, entfernt von magnetischen Gegenständen oder größeren Eisenmassen, aufgestellt, sodann die Schraube *a* gelockert und der Zapfen *S* so weit emporgezogen, bis der Aluminiumzeiger sich frei bewegen kann. Hernach bringt man das Instrument in die Horizontalstellung, indem man auf die Glasplatte eine Wasserwage nach und nach in mehreren Richtungen auflegt und die Schrauben am Dreifuße *F* solange verstellt, bis die Luftblase der Libelle stets mit ihrer Mitte auf die Marke derselben einspielt. Ist dies geschehen, somit der glockenförmige Magnet allseits ungehindert leicht beweglich, so lockert man die Schraube *g*, dreht die Holzbüchse *B* sammt der Boussole *C* solange, bis die Spitze des Aluminiumzeigers auf Null eingestellt ist. Nach Feststellung der Schraube *g* wird das Galvanometer sodann in der vorhin angegebenen Weise mit dem menschlichen Körper in den Schließungsbogen der Batterie eingeschaltet und die benützte Stromstärke an der Nadelablenkung einfach abgelesen.

Sind die mit 10, beziehungsweise 100 bezeichneten Schrauben nicht zugedreht, so zeigt der Aluminiumzeiger einfach M. A. an. Steht derselbe beispielsweise auf $^2/_{10}$ des Zwischenraumes zwischen dem 3. und 4. Theilstrich nach der Ziffer 2, so zeigt er eine Stromstärke von 2·32 M. A. an. Wird die mit 10 bezeichnete Schraube zugedreht, so dass sie den unter ihr befindlichen Contact berührt, so wird (dem vorhin Erörterten zufolge) nur mehr der zehnte Theil des Gesammtstromes durch das Galvanometer fließen und die direct abgelesenen Zahlen erhalten ihren zehnfachen Wert. Der angegebene Zeigerstand würde für diesen Fall 23·2 M. A. bedeuten. Wird die mit 100 bezeichnete Schraube mit dem unter ihr befindlichen Contactpunkte in leitende Verbindung gesetzt, so wird hiedurch der Zweigstrom, der den 99. Theil des Widerstandes der Galvanometerrollen besitzt, als Nebenschließung eingeschaltet, so dass nur mehr der 100. Theil der Gesammtstromstärke durch das Galvanometer fließt, weshalb die direct abgelesenen Zahlen nunmehr den hundertfachen Wert besitzen. Der frühere Nadelstand würde somit für diesen Fall einer Stromstärke von 232 M. A. entsprechen.

Das absolute Einheitsgalvanometer Dr. M. Th. Edelmann's hat somit einen Gesammt-Messumfang bis zu 500 M. A. und ist infolge der eigenthümlichen Suspensionsvorrichtung gleich wie das Taschengalvanometer ebenfalls transportabel. Durch die Fadensuspension sind die bei letzterem angeführten Übelstände vollkommen beseitigt und das Instrument äußerst empfindlich.

Auf der Platte, welche die Graduirung enthält, ist außer der vorhin besprochenen Bezifferung noch die Horizontalintensität des Erdmagnetismus,

für welche die Aichung des Instrumentes giltig ist, sowie die Schwingungsdauer der auf den constant magnetischen Zustand gebrachten Nadel (in Secunden für die Einheit der Horizontalintensität) verzeichnet. Dies ermöglicht auf größeren Reisen durch Schwingungsversuche die örtliche Intensität des Erdmagnetismus zu bestimmen, um die Ablesungen am Instrumente zu corrigiren. Eine weitere Inschrift gibt die Widerstände des Galvanometers in den drei Schaltungsweisen nach dem absoluten Widerstandsmaße in Ohms an. Überdies enthält die Glasplatte noch eine Theilung zu eventuellen Bestimmungen der Torsion des Coconfadens.

Dieses Instrument ist ein mit größter Präcision ausgeführtes, in jeder Hinsicht vollkommen verlässliches, richtig functionirendes Hilfsmittel, das überdies leicht und ohne jede Mühe zu handhaben ist.

In Nummer 1 der Wiener Med. Presse vom Jahre 1885 macht Professor Benedikt[1]) dem Einheitsgalvanometer Edelmann's den Vorwurf der Unbequemlichkeit wegen der horizontalen Scala.[2])

Dieser Vorwurf, dass ein praktischer Arzt, der die Fixirung der Elektroden am Körper des Patienten selbst besorgen muss, sich nicht zugleich über das Galvanometer beugen kann, um die Anzeige desselben z. B. während einer Muskelzuckung zu beobachten, ist mehrseitig ausgesprochen worden und begründet. Allein diesem Uebelstande kann ja einfach mit Hilfe eines Planspiegels abgeholfen werden: stellt man diesen zur Ebene der Scala unter einem Winkel von 45°, so erhält man bekanntlich von horizontalen Gegenständen verticale Bilder und erscheint der Zeiger des beweglichen Magnetes des Horizontalgalvanometers vertical, somit die Theilung schon aus der Ferne deutlich sichtbar. Dass die Ziffern 1, 2, 3, 4 und 5 im Spiegelbilde erscheinen, verschlägt nichts, da die einzelnen Theilungsstriche sehr deutlich und scharf markirt sind und die benützten Stromstärken gewöhnlich nicht bis zur Ziffer 2 hinanreichen, die Zehntelstriche aber ohnehin gezählt, die Theile zwischen denselben abgeschätzt werden müssen, was bei der großen Entfernung der einzelnen Theilstriche zwischen 0 und 2 sehr leicht und bequem auch aus der Ferne ausführbar ist.

Um indes auch den einzig möglichen Vorwurf gegen dieses ausgezeichnete Instrument gegenstandslos zu machen, hat Dr. M. Th. Edelmann neuestens über Anregung und nach Angabe des Sanitätsrathes Dr. C. W. Müller in Wiesbaden das absolute horizontale Einheitsgalvanometer mit einer verticalen Scala und verticalem Zeiger versehen, um so auch diejenigen, denen selbst die Benützung eines Planspiegels noch zu umständlich wäre, zu befriedigen.

Fig. 35 stellt diese Ausführung dar: Auf einem Dreifuße F mit Stellschrauben ist, wie bei Fig. 34, mittels eines Conus und einer Fixirungsschraube eine Messingplatte M drehbar eingerichtet; auf dieser befindet sich im Innern einer aus einem Cylinder G und der Deckplatte P gebildeten cylindrischen Glaskapsel eine gleichfalls cylindrische Trommel T (oben

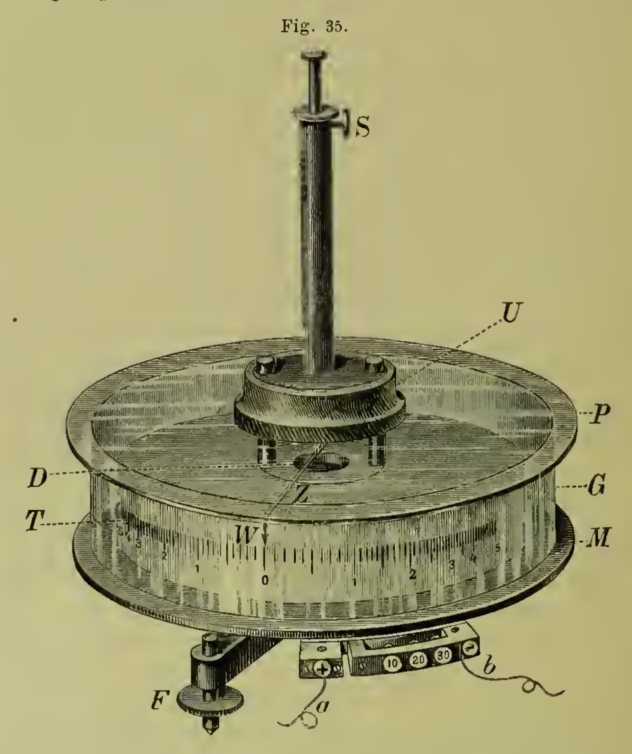
[1]) Über den Wert der Stromesrichtung in der Elektrotherapie (Eine historische Studie) von Professor Dr. Moritz Benedikt in Wien.

[2]) An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass in dem Aufsatze Professor Benedikt's durch einen Druckfehler das Edelmann'sche große Einheitsgalvanometer (anstatt des Edelmann'schen absoluten Taschengalvanometers) den Vorwurf erleidet, dass es unempfindlich sei.

und an der Mantelfläche mit Papier überzogen). Im Innern dieser Trommel T befindet sich (wie innerhalb der Holzbüchse B des Einheitsgalvanometers Fig. 34) ein starker Kupferdämpfer D für den glockenförmigen beweglichen Magnet, die Galvanometerwindungen und die Zweigwiderstände, durch welche man die Empfindlichkeit des Galvanometers variiren kann.

U ist eine Holzbüchse, zum Verschlusse des Loches in der Mitte der Glasplatte P, durch welches der an der Suspension S befestige Coconfaden, an dem der bewegliche Magnet aufgehängt ist, hindurchgeht. Letzterer trägt den Zeiger Z, der sich in dem Hohlraume zwischen der Glaskapsel PG und der Trommel T bewegt. Die Trommel trägt an ihrer Mantelfläche die Theilung (in M. A. und Zehntel, jederseits bis 5 M. A. reichend); das vertical nach abwärts gezogene Ende W des Zeigers Z zeigt direct die Stromstärke

Fig. 35.



an. In die Klemmschrauben a und b werden die stromzuführenden Drähte eingeklemmt. Durch Zudrehen einer der mit 10, 20 und 30 signirten Schrauben kann man Zweigwiderstände einschalten, wodurch die Empfindlichkeit des Galvanometers vermindert wird. Die direct abgelesenen Angaben des verticalen Zeigers müssen je nach Benützung einer dieser Schrauben mit 10 oder 20, beziehungsweise 30 multiplicirt werden, um den Wert der jeweiligen Stromstärke zu erhalten. Der Messumfang dieses Instrumentes reicht bis zu 150 M. A. Die Ablesung ist wegen der großen Entfernung der Theilstriche und der scharfen Markirung derselben schon aus der Entfernung leicht und bequem ausführbar. Fig. 35 stellt dieses Instrument in nahezu $^1/_4$ seiner natürlichen Größe dar. Im übrigen gilt alles bezüglich des absoluten Einheitsmanometers Gesagte auch für dieses Modell.

Dr. C. W. Müller in Wiesbaden arbeitet mit einem derartigen Instrumente und äußerte sich in einem Briefe an Dr. M. Th. Edelmann (ddto. 8. April 1885) folgendermaßen über dessen Verwendbarkeit: „Ich benütze das neue Galvanometer seit circa 3 Wochen und kann Ihnen in Betreff der Ausführung nur das allergrößte Lob spenden. Wenn sich ein solches Instrument für jede bestimmte Horizontal-Intensität bereits in München graduiren lässt, so übertrifft Ihr Instrument mit der verticalen Scala alle übrigen Galvanometer, wie sie auch heißen mögen, und macht also die Herstellung astatischer Instrumente überflüssig. Ihr Galvanometer ist ein wahres Musterexemplar von einem Präcisions-Instrumente."

Den mit dem Instrumente bisher gemachten Erfahrungen zufolge hat Dr. C. W. Müller noch einige Modificationen an demselben anbringen lassen, um es nicht bloß als Messinstrument bei elektrischen Untersuchungen, sondern auch für die Behandlung benützen zu können. Diese Modificationen betreffen lediglich nur die Bezifferung der Scala und die Nebenschließungen.

Die verticale Scala der modificirten absoluten Einheitsgalvanometer misst vom Nullpunkte nach rechts und links (wie bei dem in Fig. 35 abgebildeten) 11·7*cm.*; auf dieser Strecke werden dermalen jedoch nicht 5, sondern 8 M. A. (jeder M. A. in Zehntel eingetheilt) aufgetragen, so dass ohne jede Nebenschließung 8 M. A. direct abgelesen werden können. Die Nebenschließung ist nur für elektrische Untersuchungen nöthig; da aber auch hiezu nie mehr als 30 M. A. nöthig sind, so bleiben die mit 20 und 30 signirten Schrauben weg und wird fortan nur eine Nebenschließung verwendet, durch welche die Empfindlichkeit des Galvanometers auf den zehnten Theil verringert werden kann; die bei Anwendung dieser Nebenschließung direct abgelesenen Stromstärken repräsentiren sodann den zehnfachen Wert. — Der Messumfang dieses Instrumentes beträgt somit 80 M. A.

Das im November 1873 von A. Gaiffe[1]) in Paris hergestellte in Milli-Webers[2]) getheilte Horizontalgalvanometer wurde erst durch Darin[3]) im Jahre 1876 und hernach durch A. de Watteville[4]) in weiteren Kreisen bekannt. Im Jahre 1878 beschrieb de Watteville dieses Instrument in der 1. Auflage[5]) und im Jahre 1884 in der 2. Auflage[6]) seines bereits erwähnten Buches, ohne indes über dessen praktische Verwendbarkeit ein Urtheil auszusprechen. F. Müller in Graz hat dieses Instrument wiederholt[7]) gelobt, doch vermag ich mich diesem Urtheile nicht anzuschließen.

---

[1]) A. Gaiffe, Notice sur quelques instruments et appareils exposés dans l'exposition universelle de 1878 à Paris, pag. 32.

[2]) Eigentlich genauer ausgedrückt in Milli-Daniell, nämlich $\frac{1 \text{ Daniell}}{1000 \text{ S. E.}}$

[3]) Applications pratiques de l'électricité au diagnostique et thérapeutique. Paris 1876, pag. 32.

[4]) The Lancet, 1877, Vol. I.

[5]) A. de Watteville, A practical introduction to medical electricity, 1878, pag. 5 und 12.

[6]) II. Edit. 1884, pag. 28 und 29.

[7]) Zuletzt in Nr. 13 von Dr. Th. Stein's elektrotechnischer Rundschau vom 30. September 1884: Über Galvanometrie und geaichte elektrische Messinstrumente in der Elektrotherapie von Dr. Franz Müller, Privatdocent für Nervenpathologie an der Universität Graz.

Das Gaiffe'sche Instrument sieht einer gewöhnlichen Stromboussole, wie sie als Horizontalgalvanoskop für telegraphische Zwecke in Verwendung steht, nicht unähnlich und ist sehr primitiv hergestellt. Auf einem Holzbrette befindet sich ein mit einer Glasplatte gedecktes niedriges cylindrisches Metallgehäuse, dessen Boden die Theilung in M. W. oder neuestens in M. A. enthält; in der Mitte dieser Theilnng befindet sich ein kurzer verticaler Stift, auf dessen Spitze eine ganz gewöhnliche, große, schwere Magnetnadel mit einem Achathütchen gehängt ist. Das viereckige Holzbrett hat keine Stellschrauben zum Horizontalstellen etc. Ich kann nach mehrfachen Versuchen mit diesem Apparat hier nur das wiederholen, was ich bereits 1883 [1]) über denselben gesagt: die Nadel bleibt in jeder beliebigen Stellung stehen, man kann klopfen, soviel man will. Schaltet man einen Strom ein, so gibt sie einen Ausschlag, wendet man den Strom, so ist der Ausschlag auf der anderen Seite geringer und nach einigen Stromeswendungen reagirt die Nadel gar nicht mehr. Ich habe mich mit diesem Instrumente viel geplagt und viel geärgert und kann es Niemand empfehlen.

C. W. Müller in Wiesbaden äußert sich [2]) folgendermaßen über das Gaiffe'sche Galvanometer: „Was soll ein Instrument, das bei Einschaltung eines Widerstandes von 4000 S. E. bei allmählichem Aufsteigen bis zu 20 Elementen, wo auch das unempfindlichste Verticalgalvanometer lebhaft reagirt, auf Null stehen bleibt? Durch Klopfen wird es hier auf 18° [3]), dort schließlich auf 16° gebracht; wieder einmal erzielen 20 Elemente einen Ausschlag von 20°, 25 Elemente dagegen bei plötzlichem Schluss nur 17°; bei allmählicher Steigerung bringen diese 25 Elemente die Nadel nur bis auf 5°, die 20 Elemente dagegen auf 10° etc. Das Gaiffe'sche Instrument ist also absolut unzuverlässig und einfach nicht zu gebrauchen".

Ähnliche Instrumente mit einfacher Nadel waren in gefälligerer und netterer Ausführung u. A. von Mayer und Wolf, sowie von Schulmeister aus Wien auf der Wiener Elektricitätsausstellung 1883 exponirt; doch kann ich über diese Apparate kein Urtheil fällen, da ich nicht Gelegenheit hatte, sie zu prüfen. Auf der Wiener Elektricitätsausstellung waren noch einige Copien des Edelmann'schen Taschengalvanometers, so z. B. von Richard Bläusdorf aus Frankfurt a. M., von Johann Weichmann aus München etc. zu sehen.

Verlässlich ist jedoch nur ein Instrument bewährter Firma oder ein solches, welches durch Vergleich mit einem absolut geaichten Normalgalvanometer in seiner Angabe richtig und hinreichend empfindlich befunden wurde.

E. M. Reiniger, Universitätsmechaniker in Erlangen, hat nach dem Muster der Edelmann'schen Galvanometer mehrere Modelle ausgeführt und zum Theil in seinem illustrirten Kataloge beschrieben.

Eine der letzten Ausführungen ist in Fig. 36 dargestellt. Auf einem 10 *cm* langen, ebenso breiten und 4 *cm* hohen polirten Holzklötzchen befindet sich die, die Galvanometerrolle enthaltende Holzbüchse und unter dieser ein Stromwender. In den beiden Ecken der Vorderseite und in der Mitte der rückwärtigen Seite dieses Holzklötzchens sind Schrauben zum Wagrechtstellen des Instrumentes angebracht; zwischen den an der Vorderseite

---

[1]) Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde von Dr. Rudolf Lewandowski, Wien, Hartleben, 1883, pag. 203.

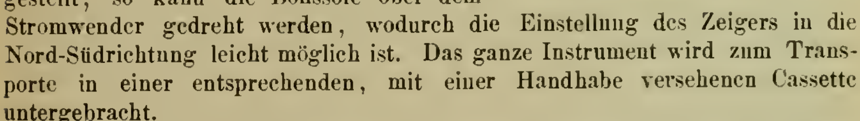
[2]) Zur Einleitung in die Elektrotherapie, pag. 9 u. ff.

[3]) 18°, der Kürze halber statt 18 M. A. etc.

befindlichen ragt unter der Holzbüchse die Kurbel des Stromwenders hervor. Die Klemmen zur Verbindung dieses Instrumentes mit der Stromesquelle befinden sich an der Rückseite des Holzklötzchens und sind mit + und — bezeichnet; die Ableitungsklemmen sind an der Vorderseite desselben sichtbar und ist für die in der Abbildung angegebene Stellung der Kurbel des Stromwenders (auf „Normal"). die rechte Klemme die Ka., die linke die An. Entsprechend den in den beiden vorderen Ecken des Holzklötzchens sichtbaren Stellschrauben befinden sich in den beiden rückwärtigen Ecken desselben zwei Schrauben zur Verminderung der Empfindlichkeit des Galvanometers durch Herstellung von Nebenschließungen. Das Galvanometer hat Hufeisenmagnet, Kupferdämpfung, Nadelsuspension und Aichung in M. A., wie das Edelmann'sche Taschengalvanometer. Die Dämpfung ist indes nicht bedeutend; denn die Galvanometernadel macht, wenn der Strom plötzlich geschlossen oder geöffnet wird, 26—27 Schwingungen, ehe sie zur Ruhe kömmt.

Von den beiden Schrauben, die (durch Einschaltung von Zweigen) die Empfindlichkeit des Galvanometers verringern, ist die eine mit 10, die andere mit 20 signirt. Das Galvanometer zeigt bei voller Empfindlichkeit Stromstärken von 0·1—1·5 M. A. an. Durch Zudrehen der mit 10 signirten Schraube (allein) steigt der Messumfang des Instrumentes auf das Zehnfache; jeder Theilstrich entspricht in diesem Falle 1 M. A.; schraubt man auch noch die mit 20 signirte Schraube nieder, so entspricht jeder einzelne Theilstrich 2 M. A. Das Instrument besitzt nunmehr einen Messumfang von 0—30 M. A.

Fig. 36.



Der Hufeisenmagnet mit dem Zeiger wird im Nichtgebrauchsfalle in eine, seitlich am Sockel des Galvanometers angebrachte Metallgabel (wie aus der Fig. 36 ersichtlich) gesteckt.

Ist das ganze Instrument horizontal gestellt, so kann die Boussole ober dem Stromwender gedreht werden, wodurch die Einstellung des Zeigers in die Nord-Südrichtung leicht möglich ist. Das ganze Instrument wird zum Transporte in einer entsprechenden, mit einer Handhabe versehenen Cassette untergebracht.

Herr Reiniger übersandte mir eines der ersten Exemplare dieses Instrumentes zur Prüfung. Mir fiel vor allem gleich beim ersten Blicke die Theilung auf, dass die ersten 5 Theilstriche von 0—0·5 viel näher beieinander stehen, als von 0·5—1; die Strecke von 1—1·5 ist überhaupt nicht mehr eingetheilt. Weiters sind die Theilstriche sehr fein markirt, der Durchmesser des Glasdeckels sehr klein, das Ablesen somit, wenn nicht unmittelbar am Fenster vorgenommen, ziemlich schwierig. Ich verglich die Anzeige dieses Galvanometers bei Einschaltung eines Siemens-Halske-Elementes und verschiedener Widerstände mit den Anzeigen des in meinem Besitze befindlichen absoluten, großen Einheitsgalvanometers Dr. M. Th. Edelmann's, welches auf der Wiener Elektricitätsausstellung exponirt war und von dessen absoluter Zuverlässigkeit ich mich durch Vergleich mit den Angaben präcise gearbeiteter Tangentenboussolen schon vorher überzeugt hatte. Die beiden Galvanometer zeigten bei Einschaltung der nachstehenden Widerstände in S. E. die folgenden Stromstärken an:

Eingeschaltete Widerstände in S. E.	Stromstärke-Angaben in M. A.	
	Reiniger	Edelmann
100	5·0	3·0
200	3·0	2·4
300	2·5	2
400	1·7	1·7
500	1·5	1·5
600	1·3	1·3
2000	0·5	0·5

Es erscheinen somit die ersten drei Angaben des Reiniger'schen Galvanometers zu groß, was der erwähnten auffälligen Theilung zwischen 0 und 0·5 entspricht; es müssen nämlich die Theilstriche hier weiter von einander abstehen, als zwischen 0·5 und 1, daher auch der Fehler in den Angaben. Die weiteren Angaben stimmen vollständig mit jenen des zuverlässigen Edelmann'schen Galvanometers überein. Da übrigens jedes Instrument für sich geaicht werden muss, lassen sich diese Mängel schon beim nächsten beseitigen, was bei dem großen Eifer des Erlanger Universitäts-Mechanikers auch zu hoffen ist.

Reiniger hat auch absolute Einheitsgalvanometer mit Fadensuspension nach dem Muster der Edelmann'schen mit geringen Modificationen construirt, doch kenne ich dieselben nicht aus eigener Erfahrung.

Correctur der Angaben des Horizontalgalvanometers.

Wie erwähnt, hängen die Angaben des Horizontalgalvanometers von der magnetischen Horizontalintensität, die Angaben des Verticalgalvanometers dagegen, von der magnetischen Verticalintensität ab (falls diese Instrumente nicht astatisch sind). Die Abhängigkeit des Verticalgalvanometers von der erdmagnetischen Verticalintensität ist jedoch bisher in den betreff der Galvanometerfrage handelnden Schriften übergangen worden, so dass es den Anschein gewonnen haben könnte, als wäre nur das Horizontalgalvanometer vom Erdmagnetismus und dessen Variationen an differenten Orten abhängig. Eine astatische Doppelnadel ist hingegen schon aus dem Grunde nicht empfehlenswert, weil solche Nadelpaare bei Benützung des Instrumentes erfahrungsgemäß schon in kurzer Zeit ihre Astasie verlieren, (vorausgesetzt, dass sie überhaupt schon anfangs vollkommen astatisch waren, was an und für sich schwer erreichbar ist).

Gewöhnlich ist der Fehler in den Anzeigen sonst gut gearbeiteter Horizontalgalvanometer der aus der Differenz der erdmagnetischen Horizontalintensität an verschiedenen Orten resultirt, überschätzt worden; derselbe ist gegen den Ablesungsfehler in den meisten Fällen verschwindend klein. Von den jährlichen Variationen derselben, die nur 0·00026 betragen (wenn die Horizontalintensität im C. G. S.-Maße ausgedrückt wird), kann füglich abgesehen werden. Was den Einfluss der Differenzen der Horizontalintensität in verschiedenen Längen- und Breitegraden auf die Anzeigen der Horizontalgalvanometer betrifft, so lassen sich die hieraus resultirenden Fehler mit Hilfe der für das

Horizontalgalvanometer geltenden Formel, wonach $J = \frac{10\,H\,R}{2\,\pi\,n}\,\text{tang.}\,\varphi$ ist, leicht corrigiren. An einem anderen Orte mit der Horizontalintensität H′ wird die durch das Galvanometer bei gleichem Ausschlag angegebene Stromstärke J sich zu der, dem Ablesungsorte entsprechenden Stromstärke J′ umgekehrt wie die bezüglichen Horizontalintensitäten verhalten, nämlich $J : J' = H' : H$ somit $J' = \frac{J\,H}{H'}$ oder die an einem vom Aichungsorte weit entfernten Breitegrade abgelesene Anzeige ist noch mit dem Quotienten der Horizontalintensität, für welches das Galvanometer geaicht ist, und der Horizontalintensität des Beobachtungsortes zu multiplieiren.

Die Angabe der Horizontalintensität verschiedener Orte findet sich in jedem Lehrbuche der Physik, sowie in jedem Kalender für Elektrotechniker verzeichnet. Folgende Übersichtstabelle gibt die Differenzen der magnetischen Horizontalintensität für Mitteleuropa zu Anfang des Jahres 1885 im C. G. S.-Maße an.[1]

Nördliche Breite	Östliche Länge von Ferro				
	20°	25°	30°	35°	40°
45°	0·209	0·213	0·217	0·221	0·225
46°	0·205	0·208	0·213	0·217	0·221
47°	0·201	0·204	0·209	0·212	0·217
48°	0·197	0·200	0·204	0·208	0·213
49°	0·193	0·196	0·200	0·204	0·208
50°	0·189	0·192	0·196	0·200	0·204
51°	0·185	0·188	0·192	0·196	0·200
52°	0·181	0·184	0·188	0·192	0·195
53°	0·177	0·181	0·185	0·188	0·191
54°	0·174	0·178	0·182	0·189	0·187
55°	0·171	0·175	0·178	0·181	0·183

Mit Hilfe dieser Tabelle kann man unter Berücksichtigung der jährlichen Zunahme der Horizontalintensität eines Ortes um 0·00026 leicht die Correctur jeder Ablesung an einem anderen als dem Aichungsorte vornehmen, eventuell ein- für allemal den Wert der verschiedenen Ablesungen für den Benützungsort auf einer Tabelle zusammengestellt, zum Gebrauche bereit halten. Wäre ein Horizontalgalvanometer beispielsweise für die Horizontalintensität 0·209 (45° nördl. Breite und 20° östl. Länge) geaicht und würde dasselbe an dem extremsten Punkte unserer Tabelle (nämlich unter dem 55° nördl. Breite und 40° östl. Länge) mit der Horizontalintensität 0·183 benützt werden, so müsste jede direct am (selbstverständlich im absoluten C. G. S.-Maße geaichten) Galvanometer abgelesene Anzeige mit $\frac{0{\cdot}209}{0{\cdot}183} = 1{\cdot}142$ multiplicirt werden. Würde das Galvanometer an dem letztgenannten Orte beispielsweise 2 M. A. anzeigen, so würde diese Anzeige, mit 1·142 multiplicirt, 2·284 M. A. für den Beobachtungsort ergeben, also um $\frac{284}{1000}$ mehr, als

[1] Nippolt und Uppenborn, Kalender für Elektrotechniker 1885, pag. 85.

die Galvanometernadel anzeigt. Dies Verhältnis gilt dann auch für alle anderen Beobachtungen am Gebrauchsorte.

Übrigens braucht man nicht einmal eine solche Umrechnungstabelle zu verwenden, sondern kann mit Hilfe eines Magnetstabes die Angaben der Magnetnadel ein- für allemal für den Beobachtungsort corrigiren, so dass die vom Galvanometer gemachten Angaben direct benützt werden können. Man braucht nämlich bloß einmal einen beliebigen Ausschlag am Galvanometer hervorzubringen, um den Wert der erhaltenen Anzeige für den Beobachtungsort in der vorher angegebenen Weise umzurechnen und sodann einen Magnetstab in nord-südlicher Richtung in einer entsprechenden Entfernung vom Galvanometer so hinzulegen, dass die Galvanometernadel (ohne Einwirkung eines Stromes auf dieselbe) nicht abgelenkt wird, infolge eines beliebigen Stromes jedoch eine der Größe der Horizontalintensität jenes Ortes entsprechende (vorher ausgerechnete) Ablenkung erleide; d. h. man vermehrt oder vermindert durch einen Hilfsmagnet die Horizontalintensität am Benützungsorte der Galvanometernadel auf den Wert, den sie am Aichungsorte gehabt hatte. Solange das Galvanometer und der Hilfsmagnet in der betreffenden, gegenseitigen Stellung zu einander unverrückt bleiben, braucht man bloß abzulesen und nicht mehr umzurechnen.

Übrigens kann jedes Galvanometer unter Berücksichtigung der pag. 167 angeführten Tabelle bei Benützung eines Hilfsmagnetes für den Benützungsort gleich richtig geaicht werden. Edelmann fertigt meines Wissens alle Taschengalvanometer, für jeden Bestellungsort entsprechend graduirt, an. Am Einheitsgalvanometer dient die Inschrift zur Rectification der Ablesungen an jedem beliebigen Orte, wofern nicht auf Verlangen die Aichung für eine bestimmte Horizontalintensität vorgenommen wurde, die dann auf der Inschrift als Basis der Aichung angeführt erscheint. Dies für absolut genaue Messungen. Ist hingegen das Galvanometer nicht mit scrupulöser Genauigkeit gefertigt, so sind die durch die Ablesung selbst bedingten Fehler bedeutend größer, als die Differenzen wegen der an verschiedenen Orten verschiedenen Horizontalintensität des Erdmagnetismus.

Verticalgalvanometer.

Die Abhängigkeit der Verticalgalvanometer und -Galvanoskope von der richtigen Construction, zumal von der Unterstützung des beweglichen Magnetes genau in seinem Schwerpunkte, von dem magnetischen Momente der Verticalnadel, von der Reibung, der erdmagnetischen Verticalintensität und der Einwirkung des Stromes wurde bereits auseinandergesetzt. Als Verticalgalvanometer können nur Instrumente mit absoluter (empirischer) Aichung bezeichnet werden, wogegen alle Instrumente mit verticalschwingenden Magnetnadeln, jedoch mit einer Kreisgradtheilung nichts anderes als Galvanoskope sind, die jedoch nicht einmal mit primitiv gearbeiteten Horizontalgalvanoskopen concurriren können, da ihre Ausschläge infolge Einwirkung derselben

Stromstärke zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Stellungen zum magnetischen Meridian von einander verschieden sind. Differiren demnach schon die Angaben eines und desselben Verticalgalvanoskopes, so ist es absolut nicht möglich, zwei gleiche Instrumente herzustellen, d. h. zwei Instrumente, die in paralleler Stellung infolge der Einwirkung einer und derselben Stromstärke gleiche Ablenkungen ihrer Nadel erfahren würden.

C. W. Müller in Wiesbaden ließ von Hirschmann in Berlin zwei gleiche Verticalgalvanoskope ausführen; letzterer fertigte die beweglichen Magnete aus demselben Materiale an, stellte sie in gleichen Dimensionen mit genau gleichem Gewichte her, wählte dieselbe Art des Magnetisirens, wandte dieselbe Windungszahl einer und derselben Drahtsorte mit gleichem Widerstande an, machte somit absichtlich ganz genau identische Instrumente, und unter 20 waren nicht 2, die bei gleicher Elementzahl und gleichem Widerstande gleiche Ausschläge gegeben hätten. [1])

Eine richtig construirte Inclinationsnadel stellt sich auf der nördlichen Hemisphäre mit ihrem Nordpole nach abwärts, mit ihrem Südpole nach aufwärts unter einem, dem Beobachtungsorte entsprechenden Inclinationswinkel gegen den Horizont geneigt.[2]) Die geringste Neigung hat die Inclinationsnadel in der Ebene des magnetischen Meridians, die größte Neigung hingegen (nämlich 90°) in einer, zum magnetischen Meridiane senkrechten Ebene. In beiden Fällen steht sie jedoch unter dem Einflusse der Verticalcomponente des Erdmagnetismus.[3]) Ein dieser Bedingung entsprechendes Instrument ist indes für ärztliche Zwecke aus naheliegenden Gründen (hauptsächlich wegen der bei schiefer Achse sehr bedeutenden Reibung) bisher noch nicht hergestellt worden.

Die Verticalstellung der Inclinationsnadel in jeder anderen Aufstellung des Instrumentes wird durch einen Regulirmagnet häufig leider auch noch durch Verlegung des Schwerpunktes tief unter den Drehpunkt angestrebt. Das letzterwähnte Auskunftsmittel wählen die Mechaniker

---

[1]) C. W. Müller, Zur Einleitung in die Elektrotherapie pag 6.

[2]) Wofern man den nach Norden weisenden Pol der Magnetnadel als Nordpol annimmt und den Südmagnetismus der Erde in die nördliche, den Nordmagnetismus derselben in die südliche Hemisphäre verlegt.

[3]) Es muss dies hier ausdrücklich wiederholt werden, weil von der einen Seite die Abhängigkeit des Verticalgalvanometers vom Erdmagnetismus überhaupt unberücksichtigt blieb, von der anderen Seite hingegen behauptet wurde, dass jede Inclinationsnadel senkrecht zur Richtung des Compasses gestellt, astatisch sei. Diese irrige Anschauung findet sich übrigens auch in einer physikalischen Arbeit vertreten; so ist in dem in Stuttgart 1885 erschienenen Werke von Dr. Ad. Kleyer, „Lehrbuch des Magnetismus und Erdmagnetismus etc.“ auf pag. 67, Erkl. 187, zu lesen: „Jede einfache Magnetnadel, welche in einer der Richtung der Inclinationsnadel senkrechten Ebene (also im sogenannten magnetischen Äquator) schwingt, ist ebenfalls eine vollkommen astatische Nadel; dreht man daher eine in Ruhe befindliche Inclinationsnadel um 90°, so wird die Magnetnadel astatisch.“ Dass eine gewöhnliche Inclinationsnadel mit horizontaler Achse auch in dieser Stellung vom Erdmagnetismus beeinflusst wird, kann in jedem Lehrbuche der Physik (so z. B in dem bereits citirten von Paul Reis, 4. Aufl., pag. 541) nachgelesen werden. „Astatisch“ ist eine Inclinationsnadel in der Richtung des magnetischen Äquators, nur unter der Bedingung, dass es gelingt, ihre Drehachse parallel zur Inclinationsrichtung des Ortes zu stellen. (Lamont, Handb. des Magnetismus, pag. 158; Schmidt Gilb. Ann. LXX, pag. 243; Minding, Pogg. Ann. XL, 151 etc.)

auch, wenn sie die Magnetnadel irrthümlich mit ihrem Nordpol nach aufwärts stellen.[1])

Die Ausschläge eines Verticalgalvanoskopes und Verticalgalvanometers sind (mit Ausnahme in der Stellung der Schwingungsebene der Nadel im magnetischen Äquator) infolge Einwirkung derselben Elementzahl bei Stromwendung auf beiden Seiten ungleich, was die meisten Autoren erwähnten.[2])

Erst C. W. Müller hat diese Frage eingehend behandelt und auf Grund allerdings bekannter physikalischer Gesetze zuerst ausgesprochen, dass: „Beim Verticalgalvanometer die Nadel, hat sie den Nordpol oben am liebsten und weitesten nach Norden, hat sie den Südpol oben, am liebsten und weitesten nach Süden ausschlägt und dass das Gegentheil für die entgegengesetzte Himmelsrichtung gilt[3]); ferners, dass jedes Inclinations- oder Verticalgalvanometer in der erdmagnetischen Meridianebene die größte Ablenkung positiv, wie negativ zeigt und in dieser Ebene am empfindlichsten, resp. am unempfindlichsten ist, die Mitte der Empfindlichkeit hingegen in der auf der magnetischen Meridianebene senkrecht stehenden Ebene besitzt.[4]) In der Richtung des magnetischen Äquators sind bei allen richtig gearbeiteten Verticalgalvanoskopen die Ausschläge nach rechts und links gleich. Absolute Verticalgalvanometer dürfen daher auch nur in dieser Aufstellung geaicht werden."

Aber auch mit absoluter Aichung und Benützung in der angegebenen Aufstellung (im magnetischen Äquator) gilt die Angabe des Verticalgalvanometers (außer, wenn es astatisch ist) durchaus nicht für alle Punkte der Erdoberfläche, sondern es ist dieselbe, von der Größe der (ebenfalls an verschiedenen Orten differenten) magnetischen Verticalintensität abhängig. Eine Correctur der Ablesungen eines Verticalgalvanometers gleich der für die Horizontalgalvanometer angegebenen, lässt sich indes nicht vornehmen, da für die Verticalgalvanometer noch keine Formel aufgestellt werden konnte.

Ein anderer Übelstand bei Verticalgalvanometern ist der, dass sie nicht aperiodisch sind. Die hochgradige Dämpfung, welche beispielsweise Edelmann an seinen großen Einheitsgalvanometern erzielt, ist durch eine, wenn auch noch so dicke Kupferplatte in der Nähe einer Verticalnadel nicht erreichbar, wenigstens noch nicht erreicht worden.[5]) Wegen der Mangelhaftigkeit der Kupferdämpfung wurde mehrseitig Glycerindämpfung empfohlen; das untere Ende der Verticalnadel wird hiebei in Glycerin getaucht, wodurch die Schwingungen derselben vermindert werden sollen; es leidet indes hiedurch in erster Linie die Empfindlichkeit des Instrumentes. Ein anderes Mittel, um die

---

[1]) C. W. Müller, l. c. pag. 7: „..... Gleichwohl construiren die Mechaniker bis zum heutigen Tage die Verticalgalvanoskope ohne jede Rücksicht auf die magnetischen Pole der Nadel."

[2]) So z. B. M. Bernhardt in Erlenmeyer's Centralblatt für Nervenheilkunde etc, Nr. 9 des III. Jahrg. (vom 1. Mai 1880): Zur Galvanometerfrage pag 163 und 164. (B. meint „dass durch passende Adaptirung der Nadel und möglichst sorgfältige Drahtwahl (?) die Differenz zwischen rechts und links zu vermeiden sei.")

[3]) l. c pag. 18.

[4]) l. c. pag 19.

[5]) Vergl. Franz Müller in Stein's elektrotechn. Rundschau, 1884, Nr. 13, pag. 196.

lästigen Schwingungen der Galvanometernadel zu beseitigen, ist die Anbringung eines Arretirungshebels, allein hiedurch leidet die Achse und wird die Reibung an derselben vermehrt.

Auf die kurze Besprechung einiger der bekanntesten Verticalgalvanoskope und Verticalgalvanometer übergehend, erwähne ich zuerst das in Fig. 38 auf der Tischplatte der Hirschmann'schen Batterie ersichtliche, infolge der Autorität seines Constructeurs ziemlich weit ververbreitete Erb'sche Galvanoskop. Dasselbe ist ein Verticalgalvanoskop mit einfacher Inclinationsnadel, Hilfsmagnet, Kreisgradtheilung, vor welcher ein mit dem beweglichen Magnete verbundener Zeiger spielt, Arretirungshebel und viererlei Galvanometerspulen zur Modification seiner Empfindlichkeit.

Dieses Galvanoskop wurde von mancher Seite [1]) übermäßig gelobt. Ich habe mit einem von Hirschmann in Berlin gefertigten Erb'schen Galvanoskope gearbeitet und schließe mich meinen Erfahrungen zufolge vollkommen dem eigenen Urtheile Erb's [2]) über dasselbe an, welches lautet: „Es hat den Übelstand, dass die damit gefundenen Zahlen unter sich nur für ein jedes einzelne Instrument [3]) vergleichbar sind, dass je nach der Empfindlichkeit der Instrumente bei den gleichen Stromstärken die Nadelausschläge sehr verschieden ausfallen, so dass also die Angaben verschiedener Beobachter mit verschiedenen Galvanometern [4]) durchaus nicht miteinander verglichen werden können. Dazu kommt, dass nur bei kleinen Nadelablenkungen die Stromstärke dem Ablenkungswinkel einigermaßen proportional ist, während bei größeren Nadelausschlägen die Stromstärken viel rascher wachsen, als die Ablenkungswinkel."

Was die mechanische Ausführung anbelangt, so ist die Kreisgradtheilung sehr fein, so dass die Ablesung nur in gewissen Stellungen des Instrumentes aus einiger Entfernung leicht und bequem ausführbar ist; will man aber beiderseits gleiche Ausschläge erhalten, so kann man das Instrument nicht immer in der erwähnten Stellung benützen.

Andere Ausführungen von Verticalgalvanoskopen übergehend, schließe ich die nach absolutem C. G. S.-Maße geaichten Galvanometer hier an.

Das von Dr. Stöhrer auf der Münchener Elektricitätsausstellung exponirt gewesene kenne ich nicht aus eigener Erfahrung. Stöhrer hat neuestens nach Angaben Emil Böttcher's ein absolutes Verticalgalvanometer hergestellt, bei welchem die Gleichheit der Ausschläge nach beiden Seiten einfach auf die Weise erzielt wird, dass durch einen, seitlich aus dem Galvanometergehäuse herausragenden Hebel die Scala und zugleich die Drahtwindungen stets der Stellung der Inclinations-

---

[1]) So z. B. von E. Remak im Deutschen Archiv für klin. Med., Bd. XVIII ex 1876, sowie in dem Aufsatze über Elektrodiagnostik im IV. Bd. von Eulenburg's Real-Encyclopädie; Fr. Müller in Stein's Elektrotechnischer Rundschau. l. c. etc.

[2]) Erb, Lehrbuch der Elektrotherapie, Leipzig 1882, pag. 35 u. ff.

[3]) Und auch das nur unter der bereits mehrfach erwähnten Bedingung, dass die Stellung des Instrumentes zum magnetischen Meridian des Ortes dieselbe, das magnetische Moment der Nadel und die Größe der erdmagnetischen Inclination die gleiche sei, sowie, dass die Reibung stets unverändert bleibe.

[4]) Eigentlich nur Galvanoskope.

nadel entsprechend nachgedreht werden können, bis die Nadel in jeder beliebigen Lage auf Null einspielt.

Dieses Instrument, äußerlich dem Erb'schen ähnlich sehend, ist nach Milli-Webern[1]) getheilt, besitzt Kupferdämpfung und zweierlei Galvanometerrollen, die in entgegengesetzter Richtung gewickelt sind. Rechts ist eine Rolle aus langem, dünnen Drahte (von nahezu 100 S. E. Widerstand) für elektrotherapeutische Zwecke, links eine Rolle von kurzem, dicken Drahte (von etwa 0·4 S. E. Widerstand) eingeschaltet. Das Instrument soll auch zur Messung elektromotorischer Kräfte und innerer Widerstände von Elementen, sowie zu Widerstandsbestimmungen überhaupt direct verwendbar sein.

Fr. Müller, der mit einem derartigen, sehr solid gefertigten Instrumente arbeitete, äußerte über dasselbe: „Die Dämpfung ist keine vollständige und spielt auch die Nadel manchmal nicht genau ein"; weiters stellt Fr. Müller an dem Instrumente aus: „dass es nicht in M. A. geaicht, ferner, dass es in seiner Empfindlichkeit nicht abstufbar ist und endlich, dass es nur bei einer bestimmten Stromesrichtung und einsinniger Schließung die Messung gestattet, was man ganz besonders unangenehm bei Constatirung der vollen Zuckungsformel empfindet." C. W. Müller[3]), der sich eigens ein Böttcher'sches Galvanometer bei Stöhrer anfertigen ließ, das beiderseits die gleiche Scala hatte, constatirte, dass selbst durch den Drehmechanismus die Ausschläge nach beiden Seiten nicht ganz gleich sind, was ja schon a priori (wegen der verschiedenen Einwirkung der Schwerkraft auf die Nadel) vorauszusetzen war.

Ueber Anregung C. W. Müller's in Wiesbaden hat W. A. Hirschmann in Berlin ein absolutes astatisches Verticalgalvanometer, Fig. 37, hergestellt.

An einer, in zwei horizontalen Lagern ruhenden Achse sind in der Entfernung von 1·5 *cm* genau parallel zwei entgegengesetzt magnetisirte Stahlstäbe befestigt, deren vorderer am Nordpole einen 6·5 *cm* langen Zeiger trägt und dessen Südpol mit einem Gegengewichte belastet ist, so dass das ganze System eine genau verticale Lage einnimmt. Diese Einrichtung ermöglicht es, dass die Galvanometernadeln bei jeder Stellung (zum magnetischen Meridian) eine verticale Lage einnehmen und die Ausschläge derselben vom Erdmagnetismus unabhängig sind. Der zweite Magnetstab ist von einem nach allen Seiten hin dicht verschlossenen Kupferkasten, der die Schwingungen der Nadel etwas vermindert, umgeben. Über diesen sind die beiden, aus feinem Drahte gefertigten Galvanometerrollen, deren Widerstand 500 S. E. beträgt, geschoben. Die Scala, welche die Bezifferung von 1—5 beiderseits enthält, ist unter einem Winkel von 45° so angebracht, dass der Nullpunkt derselben genau vertical über den Achsenlagern sich befindet, so dass derselbe bei horizontaler Stellung des Instrumentes vom Zeiger des astatischen Nadelpaares gedeckt wird. Die wesentlichen Theile des Instrumentes (Nadelpaar, Dämpfer, Multiplicationsrollen) befinden sich in einem Holzkasten, dessen Größe ungefähr dem des Erb'schen Galvanoskopes entspricht. Um diesen Kasten stets vertical zu stellen, auf dass die Nadel auf den Nullpunkt

---

[1]) M. W. eigentlich genauer Mill-Daniell (M. D.), 1 M. D. = $\frac{1 \text{ Daniell}}{1000 \text{ S. E.}}$

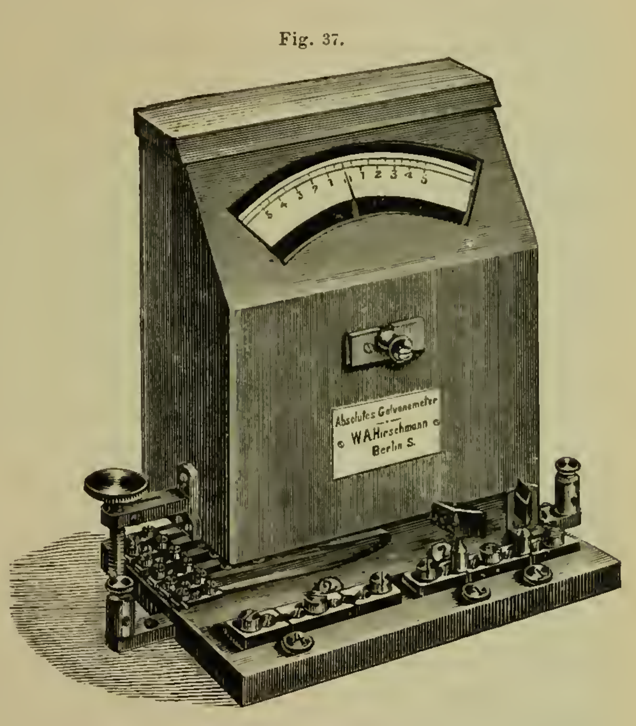
[2]) l. c. in Stein's Elektrotechnischer Rundschau.

[3]) Zur Einleitung in die Elektrotherapie, pag. 33 und 34.

einspiele, ist der Kasten um seine rechte untere Kante drehbar und kann durch die links ersichtliche Schraube allzeit richtig gestellt werden.

Der Messumfang des Instrumentes beträgt 20 M. A. Die Scala ist, wie erwähnt, jederseits in 5 Theile getheilt, deren jeder überdies noch halbirt ist. Die Größe jedes ganzen Theiles beträgt ungefähr 5·5⁰ eines Kreises von 16 *cm* Durchmesser. Zur Veränderung des Wertes der 5 Theilstriche befinden sich auf dem Grundbrette des Galvanometers 4 Stöpselklemmen, die mit den Ziffern 1, 1 beziehungsweise 2, 2 und 4 bezeichnet sind. Diese Klemmen stehen mit entsprechenden Zweigen in Verbindung, bei deren Einschaltung die Empfindlichkeit des Galvanometers allmählich vermindert wird, so dass bei Stöpselung 1—1 (wie in der Fig.) jede Ziffer der Scala 1 M. A. anzeigt; bei der Stöpselung 2—2 bedeutet jeder Theil 2 M. A., jeder halbe Theil somit 1 M. A. Bei der Stöpselung 4 endlich entspricht jeder Theil der Scala 4 M. A. (jeder halbe Theil somit 2 M. A.). Da durch die Nebenschließungen der gesammte Widerstand innerhalb des Galvanometers vermindert wird, ist die Einrichtung getroffen, dass zugleich mit der Einschaltung der Nebenschließung auch in die Hauptschließung ein entsprechender Widerstand geschaltet wird, der den verringerten Widerstand auf 500 S. E. ergänzt.

Fig. 37.



Ich arbeite seit einigen Wochen mit einem derartigen Müller-Hirschmann'schen absoluten Verticalgalvanometer und muss vorerst der in jeder Beziehung musterhaften mechanischen Ausführung lobend gedenken; unzufrieden bin ich mit der völlig unzureichenden Dämpfung. Schließt oder öffnet man den Strom eines einzigen Siemens-Halske'schen Elementes (nach Einschaltung dieses Galvanometers) ohne Einbeziehung eines äußeren Widerstandes, so macht der Zeiger 70—80 Schwingungen, ehe er zur Ruhe kommt. Schaltet man 1000 Ohms ein, so macht die Nadel 30—40 Schwingungen, und bei Einschaltung des menschlichen Körpers 20—30 Schwingungen ehe sie zur Ruhe kommt. Außerdem stimmen die Anzeigen dieses Instrumentes nicht ganz mit jenen des verlässlichen und mehrfach erprobten Edelmann'schen Einheitsgalvanometers. C. W. Müller rühmt dieses Instrument in seinem mehrfach citirten Werke, ist aber trotz-

dem neuestens zu den absoluten Horizontalgalvanometern zurückgekehrt (vergl. pag. 163).

Erb[1]) und Fr. Müller[2]) erwähnen eines von Thystleton in London gefertigten (und von De Watteville in Verwendung gezogenen) in großem Maßstabe ausgeführten absoluten Verticalgalvanometers, das beiden brauchbar erschien.

Herstellung und Aichung medicinischer Galvanometer.

Zuerst hat de Watteville[3]) zwei Methoden angegeben, jedes gewöhnliche Galvanoskop nach absolutem Stromstärkemaß zu graduiren.

Die erste Methode besteht darin, das Galvanoskop mit einem nach absolutem Maße geaichten Normalgalvanometer oder einer Tangentenboussole mit bekanntem Reductionsfactor und einem entsprechenden Rheostat in den Stromeskreis eines constanten Elementes einzuschalten, mit Hilfe des Rheostates sodann die Stromstärke des Elementes nach und nach zu verringern und die Angaben des Normalgalvanometers auf das Galvanoskop zu übertragen. Selbstverständlich müsste in den Stromkreis auch noch ein Stromwender eingeschaltet werden, um die Werte für das Galvanoskop nach beiden Seiten hin zu bestimmen.

Auf diese Weise fände man z. B., dass 3 Grade der Kreisgradtheilung des Galvanoskopes 1 M. A. entsprechen, 13° 5 M. A., 25° 10 M. A., 35° 20 M. A., 43° 30 M. A., 49° 40 M. A. und 54° 50 M. A. gleichkommen. Bei jedem andern Galvanoskop findet selbstverständlich eine verschiedene Wertvertheilung statt, so dass jedes einzelne Instrument auf diese Weise empirisch geaicht werden muss, wie ja auch jedes absolut geaichte Galvanometer für sich graduirt werden muss. Absolut geaichte Galvanometer mit lithographirter oder gedruckter Scala sind demnach völlig unzuverlässige und wertlose Instrumente.

Die zweite Methode A. de Watteville's, sich selbst ein Galvanoskop nach absolutem Stromstärkemaß zu aichen, besteht darin, vorerst den inneren Widerstand des Galvanoskopes zu bestimmen, dasselbe sodann mit einem Rheostat in den Kreis eines constanten Elementes, beispielsweise eines Daniell-Elementes, einzuschalten, die Stromstärke dieses Elementes als ein Volt anzunehmen und nach Einschaltung entsprechender Widerstände die den betreffenden Stromstärken entsprechenden Ausschläge der Nadel zu notiren.

So z. B. schlägt de Watteville vor, ein großflächiges Daniell-Element zu nehmen, dessen inneren Widerstand zu vernachlässigen, und wenn beispielsweise das Galvanoskop einen inneren Widerstand von 50 Ohms hätte, nach und nach am Rheostat die Widerstände von 950, 450, 200 und 50 Ohms einzuschalten und die jeweiligen Nadelablenkungen in eine, für

[1]) Handb. der Elektrotherapie, pag. 37.

[2]) Stein's Elektrotechnische Rundschau l. c., pag. 196.

[3]) De Watteville, A practical introduction to medical electricity. II. edit. London 1884, pag. 30.

den Gebrauch stets bereit zu haltende Übersichtstabelle einzutragen. Bei Einschaltung dieser Widerstände wäre die Stromstärke nach dem Ohm'schen Gesetze im ersten Falle $I_1 = \frac{E}{W} = \frac{1}{950 + 50} = 0{\cdot}001$; im zweiten Falle $I_2 = \frac{1}{450 + 50} = 0{\cdot}002$; im dritten Falle $I_3 = \frac{1}{200 + 50} = 0{\cdot}004$ und im letztangegebenen Falle $J_4 = \frac{1}{50 + 50} = 0{\cdot}010$ Ampère. Die Zelle allein wird bei Einschaltung in das Galvanoskop eine Stromstärke von $\frac{1}{50} = 0{\cdot}020$ Ampère ergeben. Auf ähnliche Weise ließen sich die übrigen Unterabtheilungen finden.

Diese Methode wurde auch noch von Anderen empfohlen. So z. B. räth M. Bernhardt[1]), die Aichung nach Milli-Webern (M. W.)[2]) in der von de Watteville angegebenen Weise vorzunehmen.

Nach dieser Methode wurden auch von den Mechanikern die nach M. W. graduirten Galvanometer geaicht; nur verwendeten diese sogenannte Normalelemente, deren Stromstärke gleich sein soll. Ein solches Element verursacht bei einem Widerstande von 1000 S. E. eine Ablenkung der Magnetnadel, die = 1 M. W. gesetzt wird; 2 solche Elemente geben bei gleichem Widerstande 2 M. W. u. s. f. Bernhardt empfiehlt auch Siemens-Halske-Elemente in gleicher Weise zur Aichung zu verwenden und hiebei das Verhältnis dieser zu den Daniell-Elementen zu berücksichtigen; so z. B. hatte sein Galvanoskop einen Widerstand von 70 S. E., die Batterie von 20 Siemens-Elementen à 5 S. E. repräsentirte einen wesentlichen Widerstand von 100 S. E., was bei gleichzeitiger Einschaltung eines Rheostatwiderstandes von 1000 S. E. einen Gesammtwiderstand von 1170 S. E. ergab; vorausgesetzt, dass die elektromotorische Kraft des Siemens-Halske-Elementes jener des Daniell-Elementes gleichkommt, so wären $\frac{20 \text{ Daniell}}{1000 \text{ S. E.}} = \frac{X \text{ Siem.-Hals.}}{1070 \text{ S. E.}}$ zu setzen, woraus X = 23·4 Siemens-Halske-Elementen resultirt. 30 Daniell-Elementen würden dieser Berechnung zufolge 36·6 Siemens-Halske'sche und 40 Daniell-Elementen 50·8 Siemens-Halske-Elementen entsprechen. Die diesen Elementzahlen gleichkommenden Anzeigen wären 20 M. W. = 25°, 30 M. W. = 30°, 40 M. W. = 32·5° der Kreistheilung des Galvanoskops etc.

Nach dem ersten Vorschlage de Watteville's kann man allerdings mit Hilfe eines Rheostates und eines absolut geaichten Normalgalvanometers sich aus jedem Galvanoskop ein Ampèremeter herstellen. Dagegen ist die zweite Methode weder in der ursprünglichen Fassung de Watteville's und noch weniger in der Erweiterung derselben durch Bernhardt empfehlenswert. Um mit Hilfe von Elementen Aichungen von Galvanometern vorzunehmen, muss man Normalelemente benützen; diese herzustellen ist gerade nicht eine der leichtesten Aufgaben der Physiker. Verfügt man jedoch nicht über Normalelemente, so darf man solche Aichungen mit beliebigen gewöhnlichen Elementen

[1]) M. Bernhardt, Zur Galvanometerfrage in Erlenmeyer's Centralblatt für Nervenheilkunde etc. vom 1. Mai 1880.

[2]) Eigentlich Milli-Daniell = M. D. = $\frac{1 \text{ Daniell}}{1000 \text{ S. E.}}$

gar nicht vornehmen, wenn man nicht von vorneherein auf jede, auch nur annähernde Richtigkeit der Graduirung verzichten will. Schwankt doch selbst beim Daniell-Elemente die elektromotorische Kraft von 0·95 bis 1·75 Volts und vermochte ich unter 50 Siemens-Halske-schen Elementen nicht 2 mit gleicher Stromstärke zu finden. Im Gegentheile ergaben eigens zur Vornahme von Widerstandsmessungen ganz gleichartig hergestellte Elemente noch Differenzen. Daraus kann man sich leicht ein Urtheil über den Wert derartiger Aichungen bilden.

Den Beschlüssen des internationalen Congresses der Elektriker zu Paris zufolge sollen die Ärzte nur solche Galvanometer verwenden, die nach dem absoluten C. G. S.-Maße (also in Stromstärken nach Ampère und seinen Unterabtheilungen) geaicht sind. Die früher übliche Aichung nach M. W. oder M. D. ist mit der Graduirung nach M. A. durchaus nicht identisch; 1 M. W. ist nämlich um 5% größer als 1 M. A.

Deshalb geht es auch nicht an, die M. A. als M. W. zu bezeichnen, wie es C. W. Müller[1]) in Wiesbaden that, weil hiedurch leicht Verwirrungen herbeigeführt werden können.

Die Herstellung brauchbarer Galvanometer für ärztliche Zwecke in jedem nur denkbaren Grade der Genauigkeit ist somit als gelöst anzusehen.

Das Galvanometer des Arztes wird ein nach M. A. graduirtes aperiodisches Horizontalgalvanometer sein.

Batterien zu elektro-diagnostischen und elektro-therapeutischen Zwecken im allgemeinen.

Der Besprechung der zu elektro-diagnostischen und elektro-therapeutischen Zwecken dienenden Batterien muss die Bemerkung vorausgeschickt werden, dass jede Batterie, welche einen hinreichend intensiven und halbwegs constanten Strom liefert, zu den genannten medicinischen Zwecken verwendbar ist, sobald sie nur einen Stromwähler oder entsprechenden Rheostat, einen Stromwender und ein brauchbares Galvanometer, somit Vorrichtungen, die es ermöglichen, den Strom beliebig zu reguliren, besitzt. Trotzdem wird der Arzt diese oder jene Batterie das einemal aus Bequemlichkeitsgründen, das anderemal aus ökonomischen oder anderweitigen Rücksichten bevorzugen.

---

[1]) C. W. Müller, Zur Einleitung in die Elektrotherapie, pag. 37. Allerdings gibt der Autor hier an, dass 1 M. W. eigentlich 1 M. A. bedeuten soll und definirt auch, $1\ \text{M. W.} = \frac{1\ \text{Volt}}{1\ \text{Ohm}} = \frac{0·893\ \text{Daniell}}{1·0615\ \text{S. E.}}$. Müller wählte die Bezeichnung M. W. statt M. A. „Ans Pietät gegen den, um die Elektricität und den Magnetismus und gerade auch um diese hier in betracht kommende Einheitsgröße so hoch verdienten W. Weber.“ Wäre die Bezeichnung M. W. nicht schon früher für M. D. gebraucht worden, so ginge dies ohneweiters an. Allein M. W. repräsentirte als Stromstärkemaß einen ganz bestimmten Wert der Stromstärke, der von 1 M. A., wie erwähnt, verschieden ist (was bei der ziemlichen Verbreitung der in M. W. = M. D. geaichten Galvanometer jedenfalls berücksichtigungswert ist); außerdem hat die Bezeichnung 1 Weber neuerdings, den Beschlüssen des internationalen Congresses der Elektriker zu Paris zufolge, Verwendung gefunden, und bezeichnet die Einheit der magnetischen Quantität und kommt hienach 1 Weber = 10^0 C. G. S.-Einheiten gleich.

Die Anforderungen, die seitens der Ärzte an eine zweckentsprechende Batterie zu elektro-diagnostischen und elektro-therapeutischen Zwecken gestellt werden, gehen dahin, dass sie vor allem einen hinreichend intensiven Strom liefern; in zweiter Richtung soll derselbe möglichst constant bleiben und nicht schon in kurzer Zeit große Schwankungen erleiden; diese Batterie soll ferner dauerhaft, ihr Anschaffungspreis sowie ihre Erhaltungskosten mäßig und der Ersatz verbrauchten Materials durch den Arzt selbst leicht ausführbar sein; endlich soll diese Batterie solid ausgeführt, dabei jedoch einfach, alle Theile derselben zugänglich sein und soll dieselbe überdies noch möglichst wenige Contacte besitzen. Die Construction derselben muss es schließlich ermöglichen, dass der Arzt jede Störung ihrer Function selbst leicht entdecken und ohne Hilfe des Mechanikers beseitigen könne. Je nach der Verwendung derselben in Kliniken, Spitälern, in der Hausordination oder am Krankenbette wird mitunter noch gefordert, dass diese Batterie leicht und bequem transportabel sei.

Es kömmt somit bei so einer Batterie nicht nur auf die Wahl der Elemente, die womöglich allen an ein gutes Element (pag. 110) gestellten Anforderungen entsprechen sollten, sondern auch auf die Vereinigungsart derselben, auf deren Größe und in erster Richtung auf die mehrfach erwähnten Nebenapparate an.

Was die Stromesintensität einer zu allen elektro-medicinischen Zwecken hinreichenden Batterie betrifft, soll dieselbe bei Einschaltung eines äußeren Widerstandes von 6000 Ohms mindestens 10—15 Milli-Ampères betragen. Doch genügt für gewisse therapeutische Zwecke mitunter schon eine Batterie, die bei Einschaltung eines gleichen Widerstandes eine Stromstärke von nur 3—5 Milli-Ampères besitzt. Aus diesem Grunde ist es zwar vortheilhafter, Elemente mit großer elektro-motorischer Kraft und geringem inneren Widerstande zu wählen, weil man dann mit einer geringeren Elementzahl die geforderte Stromstärke erreicht, allein diese Elemente sind gewöhnlich theuerer, als Elemente mit einer geringeren Stromstärke, und ist überdies noch ihre Instandhaltung kostspieliger, als die der letzteren oder es sind dieselben aus anderen Gründen (so z. B. Grove- und Bunsen'sche Elemente wegen der giftig wirkenden Salpetersäure) für elektro-medicinische Zwecke minder empfehlenswert. Dabei kommt noch die größere oder geringere Bequemlichkeit bei der Handhabung derselben in betracht zu ziehen. Andererseits können die hier zu verwendenden Elemente mit Rücksicht auf den großen Widerstand des einzuschaltenden menschlichen Körpers selbst einen großen inneren Widerstand besitzen, aus welchen Gründen zu elektro-medicinischen Zwecken gewöhnlich kleinere Elemente mit großem inneren Widerstande (so z. B. Siemens-Halske und Leclanché-Elemente) verwendet werden.

Die Constanz der Batterien für elektro-medicinische Zwecke betreffend, wird von diesen gefordert, dass ihre Stromstärke bei Einschaltung des menschlichen Körpers wenigstens durch eine Viertelstunde unverändert bleibe. Von mancher Seite wird wohl die Verwertung der galvanischen Elektricität in der Medicin als Anwendung des constanten Stromes und die hiezu verwendbaren Batterien kurzweg als Batterien für den constanten Strom bezeichnet; diese Bezeichnung dient jedoch eigentlich nur zur Unterscheidung der continuirlichen galvanischen Ströme von den unterbrochenen Volta- oder Magneto-Inductionsströmen und wird durch dieselbe durchaus

nicht etwa jener Grad von Constanz postulirt, welchen die Physiker mitunter von ihren Batterien fordern müssen. Im Gegentheil hat diese Bezeichnung manchen Erzeuger elektro-medicinischer Apparate irregeführt und ihm die gar nicht erforderliche absolute Constanz dieser Batterien als Hauptsache erscheinen lassen, um derenwillen oft wichtige Vortheile fallen gelassen werden mussten, weshalb manche, eigens für ärztliche Zwecke hergestellte Batterien gerade hiefür sich als am wenigsten geeignet erwiesen.

Viel wichtiger ist es für den Arzt, dass seine Batterie in ihrer Wirkungsweise stets zuverlässig und dauerhaft sei; constante Ströme kommen dagegen bei der Anwendung der Elektricität in der Heilkunde nur ausnahmsweise für eine längere Zeit denn höchstens 5 Minuten zur Verwendung. In der Elektrodiagnostik kommt es nur auf Stromesschließungen und Stromesöffnungen an, in der Praxis werden auch häufig Stromeswendungen (sogenannte Volta'sche Alternativen = V. A.), sowie schwellende Ströme, bei denen von Null bis zu einer gewissen Stromstärke angestiegen und dieselbe sodann wieder allmählich bis auf Null vermindert wird, benützt. Die Application der Elektroden an den Körper ist ferner selten eine stabile (sogenannte stabile Ströme), sondern viel häufiger wird der eine der Rheophoren am Körper entweder hin- und herbewegt oder abwechselnd aufgesetzt und wieder abgehoben (sogenannte labile Ströme). Ja selbst für den Fall stabiler Stromesapplication werden durch stärkeres oder minder starkes Andrücken der Elektroden an die Applicationsstellen durch verschiedene Durchfeuchtung der Elektroden und der Haut, durch Polarisation in den Elektroden oder in den vom Strome durchflossenen Körpertheilen wechselnde Widerstände, somit Stromesschwankungen, bedingt. Da der Arzt mit so vielen variablen Factoren zu rechnen hat, kann ihm auch die absolute Constanz seiner Batterie nicht viel nützen, sondern wird er überhaupt nur mit Hilfe eines Stromwählers, eventuell eines Rheostates und eines entsprechenden Galvanometers über die angedeuteten Schwierigkeiten hinwegkommen und die jederzeit benützte Stromstärke, beziehungsweise Stromdichte, controliren und reguliren können.

Bei den transportablen Batterien kommt es in erster Richtung auf die größtmöglichste Compendiosität an; transportable Batterien sollen leicht, von geringem Umfange und einfach in der Einrichtung sein. Diesen Eigenschaften zuliebe können hier Elementarten (z. B. Grenet'sche) verwendet werden, die für Stationärbatterien durchaus nicht empfehlenswert wären.

Stationärbatterien hingegen müssen aus dauerhaft und zuverlässig wirkenden Elementen (z. B. Siemens-Halske- oder Leclanché-Elementen) bestehen und in jeder Beziehung solid ausgeführt sein. Bei transportablen Batterien zieht man kleinere Elemente vor, um den Apparat von möglichst geringem Gewichte herstellen zu können; für Stationärbatterien hingegen werden größere Elemente gewählt, weil sie, einmal gefüllt, durch längere Zeit verwendungsfähig bleiben. Während man an einer transportablen Batterie nur einen bequemen Stromwähler als unbedingt unentbehrlichen Nebenapparat postulirt und den Stromwender, eventuell auch den Rheostat, in die Elektroden verlegt, das Galvanometer aber gewöhnlich transportabel einrichtet und im Bedarfsfalle mit der Batterie durch Hilfsdrähte verbindet, sollen an Stationärbatterien Stromwähler, Stromwender, Rheostat und Galvanometer fix angebracht sein, und wird mitunter auch noch der Inductionsapparat mit denselben vereinigt.

Dies sind annähernd die Gesichtspunkte, nach denen eine Batterie für elektrodiagnostische und elektrotherapeutische Zwecke gemeiniglich beurtheilt wird, und nach denen im Nachfolgenden einige der bekanntesten, speciell für elektromedicinische Zwecke construirten Batterien in Kürze behandelt werden sollen.

Stationärbatterien.

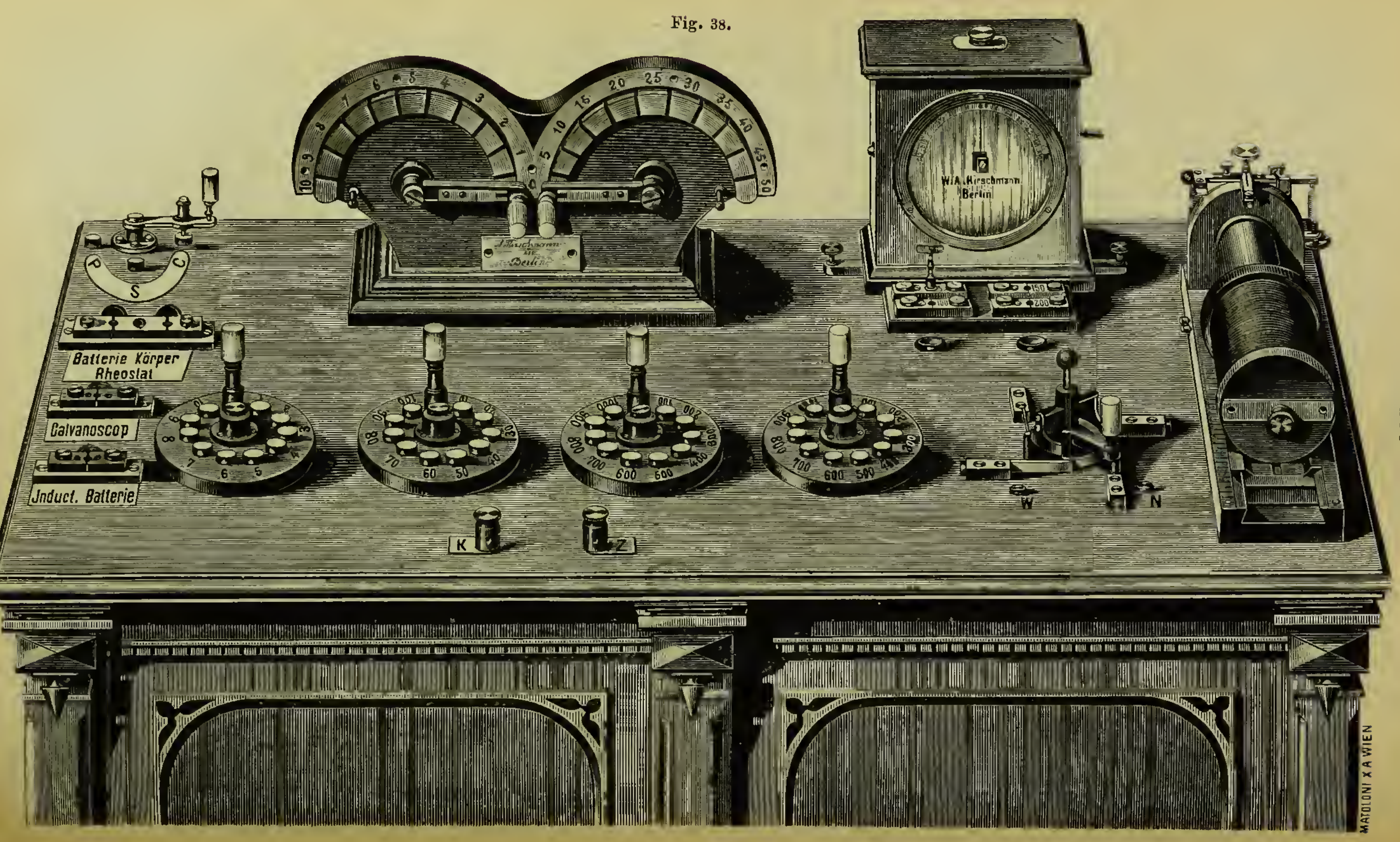
Unter diesen ist in erster Richtung die Siemens-Remak'sche Batterie, in Fig. 38 (a. f. S.) in der Hirschmann'schen Ausführung dargestellt, zu erwähnen.

Diese Batterie besteht aus 60 Siemens-Halske'schen Elementen (von je 11 *cm* Höhe und 8 *cm* Durchmesser), die in einem Schranke untergebracht sind, auf dessen Oberseite an einer verticalen Platte zwei Kurbelstromwähler, rechts hievon ein Erb'sches Verticalgalvanoskop, daneben ein Dubois-Reymond'scher Schlittenmagnetelektromotor, in der linken Ecke ein Stromumschalter, unter diesem drei Stöpselvorrichtungen zur Einschaltung des Rheostates, des Galvanometers und der Batterie für den Inductionsapparat, in der Mitte ein Rheostat und ein Commutator und vorne die Polklemmen angeordnet sind. Alle diese Apparate sind an der Unterseite der sie tragenden Tischplatte dieses Schrankes durch Drähte derart leitend verbunden, dass von den vorn ersichtlichen Polklemmen *K* und *Z* sowohl der continuirliche, als auch der primär und secundär inducirte Strom abgeleitet werden kann; steht die Kurbel des Stromumschalters, wie in der Fig. 38 dargestellt, auf dem Contactpunkte *C* (continuirlicher Strom), so kann der durch die Kurbelstromwähler eingeschaltete Batteriestrom von den Polklemmen fortgeleitet werden. Steht die Kurbel dieses Umschalters jedoch auf *S*, so ist der secundäre und steht sie auf *P*, der primäre Inductionsstrom eingeschaltet. Um den Inductionsapparat in Thätigkeit zu setzen, muss vorher die „Inductionsbatterie" durch Verstöpselung (mittels eines Metallstöpsels) geschlossen werden. Durch Verstöpselung der mit „Batterie, Körper, Rheostat" bezeichneten Vorrichtungen wird der Rheostat in einer Nebenschließung zum Körper und durch Verstöpselung der mit „Galvanoskop" bezeichneten Vorrichtung das Galvanometer in die Hauptschließung eingeschaltet. Der Stromwender (Commutator) ist derart in die ganze Leitung einbezogen, dass durch Stellung seiner Kurbel *N* (normal) von der Polklemme *K* der positive und von der Klemme *N* der negative Pol abgeleitet werden kann; wird die Kurbel des Commutators auf *W* (Wendung) gestellt, so ist umgekehrt *K* die Kathode und *Z* die Anode.

Minder praktisch ist an diesem Apparate die Einrichtung des Stromwählers, dessen rechte Hälfte nur von fünf zu fünf Elementen ansteigt, was ohne Anwendung eines Rheostates ganz unzweckmäßig wäre. Anstatt des Erb'schen Galvanoskops kann selbstverständlich jedes absolute Galvanometer verwendet und in die ganze Leitung einbezogen werden. Der Rheostat enthält im ersten Kreise (links) die Einer, im nächsten die Zehner und in den letzten zwei die Hunderter bis Tausend, umfasst somit 2110 S. E. Zur Armirung des Inductionsapparates dienen zwei Leclanché-Elemente.

In einfacherer Ausführung wird diese Batterie mit geringen Modificationen von verschiedenen Firmen hergestellt. Unter vielen verdient die in Fig. 39 dargestellte Ausführung derselben von Mayer und

Fig. 38.


W. A. Hirschmann
Berlin
Batterie Körper
Rheostat
Galvanoscop
Jnduct. Batterie
P
S
C
K
Z
W
N
MATOLONI X A WIEN

Wolf in Wien, die nebst anderen ähnlichen auf der Wiener Elektricitäts-Ausstellung 1883 [1]) zu sehen war, hervorgehoben zu werden.

Diese Batterie bietet anderen ähnlichen gegenüber mancherlei wesentliche Vortheile; so ist vor allem anderen zu erwähnen, dass die einzelnen Siemens-Halske-Elemente zum Schutze vor allzu rascher Verdunstung und vor dem Auskrystallisiren des Bittersalzes und Zinkvitriols mit Weichgummideckeln verschlossen sind und dass die Manipulation des Füllens und Entleerens der Batterie etc. nicht wie bei den meisten ähnlichen Constructionen im Schranke selbst, sondern außerhalb desselben an beliebigem Orte vorgenommen werden kann. Die Elemente stehen nämlich zu je 20 in einem beweglichen, oben offenen Batteriekasten, deren 3 übereinander in entsprechenden Fächern des Schrankes untergebracht sind und die zum Reinigen oder Nachfüllen der Batterie einfach aus dem Schranke genommen, nach Vollzug dieser Manipulation jedoch nur in das betreffende Fach eingeschoben zu werden brauchen. An der Innenseite der Rückwand der 3 Fächer befinden sich nämlich in jedem derselben je 20 starke Metallfedern, welche mit den Nebenapparaten auf der Tischplatte des Schrankes (Stromwähler, Stromwender, Stromwechsler, Galvanoskop etc.) in leitender Verbindung stehen. Jeder der 3 Batteriekästen hat an seiner Rückwand, diesen Federn entsprechend, je 20 Platincontacte, welche mit je einem Elemente durch Drähte verbunden sind. In jedem Batteriekasten werden die Elemente untereinander ungleichnamig verbunden und dieser dann in sein entsprechendes Fach eingeschoben. Zur Sicherung des Contactes ist noch die Einrichtung getroffen, dass jedes Fach vorne eine Leiste besitzt, und dass nach Einschieben des Batteriekastens, dieser vorerst etwas nach rückwärts gedrückt werden muss (wodurch die Federn an der Rückwand des Faches theilweise zusammengepresst werden), um hernach erst (hinter der Leiste) nach abwärts geschoben und horizontal gestellt werden zu können. Die Leisten hindern das Ausweichen der Batteriekästen und sichern den Contact zwischen Platinknöpfen und Ausleitungsfedern.

An Nebenapparaten enthält diese Batterie zu oberst in der Mitte ein Verticalgalvanoskop (das selbstverständlich durch jedes beliebige absolute Galvanometer ersetzt werden kann), unter diesem einen Commutator, rechts und links je einen Kurbelstromwähler von 0 fortlaufend bis 30 gehend und zwischen diesen und dem Stromwender jederseits je eine Stöpselvorrichtung, von denen die linke einen möglichst einfach ausgeführten Stromwechsler, die rechte hingegen einen Stöpselstromwähler für die 3 im Schranke noch untergebrachten Leclanché-Elemente für den Inductionsapparat darstellt. Letzterer ist mobil und wird für den Gebrauch auf die Tischplatte des Schrankes gestellt und mit den 4 unteren Klemmen *S S* und *B B* verbunden. Bei *B B* wird die Inductionsbatterie eingeschaltet und mit *S S* werden die Enden der Spiralen, und zwar entweder die der primären oder secundären (je nach Bedarf) verbunden. Durch einen dreitheiligen Stöpselstromwechsler und ein weiteres Klemmenpaar ist bei anderen Ausführungen dieser Firma auch das Umschalten der Inductionsspulen bei abwechselndem Bedarfe des Stromes der einen oder anderen Spirale überflüssig gemacht worden.

Die zwei Kurbelstromwähler ermöglichen es einerseits, die Stromesintensität durch Ansteigen von einem Elemente zum anderen allmählich zu vergrößern und gestatten noch überdies, die Batterie von der Mitte gegen

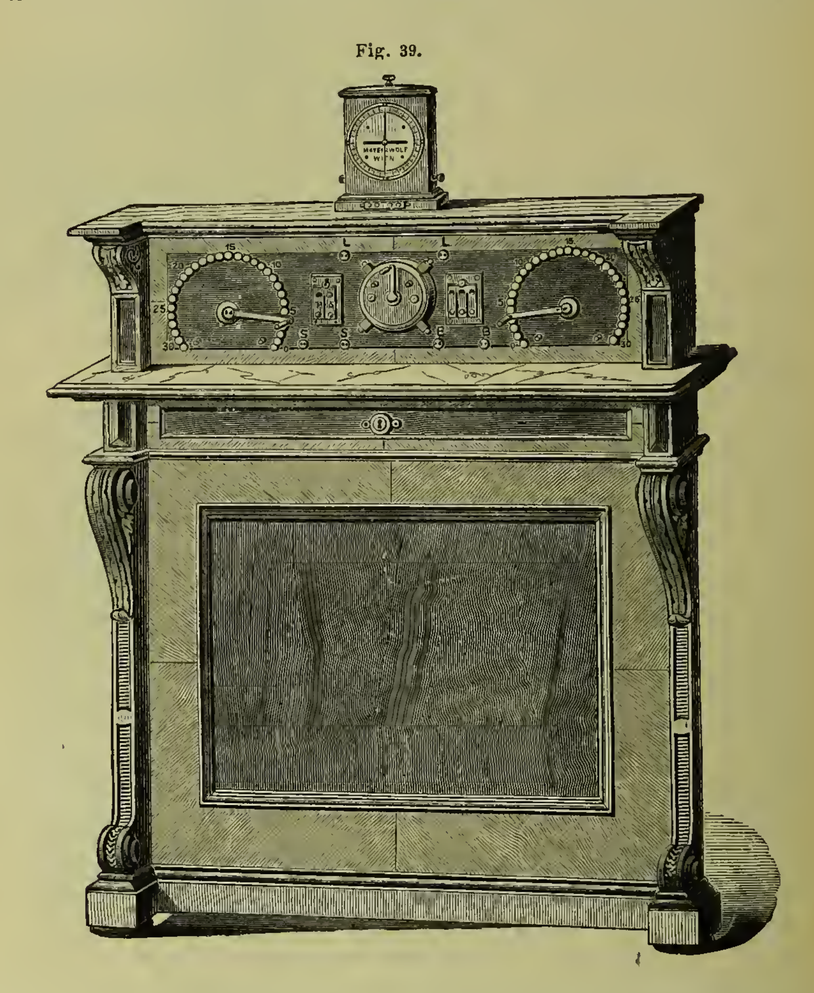
[1]) Lewandowski, „Die Medicin auf der Wiener elektrischen Ausstellung 1883". S.-A. der Wiener Med. Presse ex 1883 und 1884, pag. 38—42

die Enden beiderseits zu benützen und so beide Hälften abwechselnd zu gebrauchen, wodurch verhindert werden kann, dass stets nur die ersten Elemente erschöpft werden, während die späteren gewöhnlich noch intact sind.

Die Leitungskabel zur Fortleitung der Batterie- oder Inductionsströme zum Körper werden in die Polklemmen *L L* unter dem Galvanoskope eingeschaltet.

Dieser Zusammenstellung ähnlich ist die Reiniger'sche Stationärbatterie aus 60 Siemens-Halske-Elementen, Fig. 40, mit Stromwähler,

Fig. 39.



Stromwender, Galvanometer für absolute Messungen, Rheostat bis zu 5000 Ohms, großem Dubois-Reymond'schen Schlittenapparate mit verschiedenen Stromwechslern und einer Auswahl von Elektrodenansätzen, Elekstodenhältern etc.

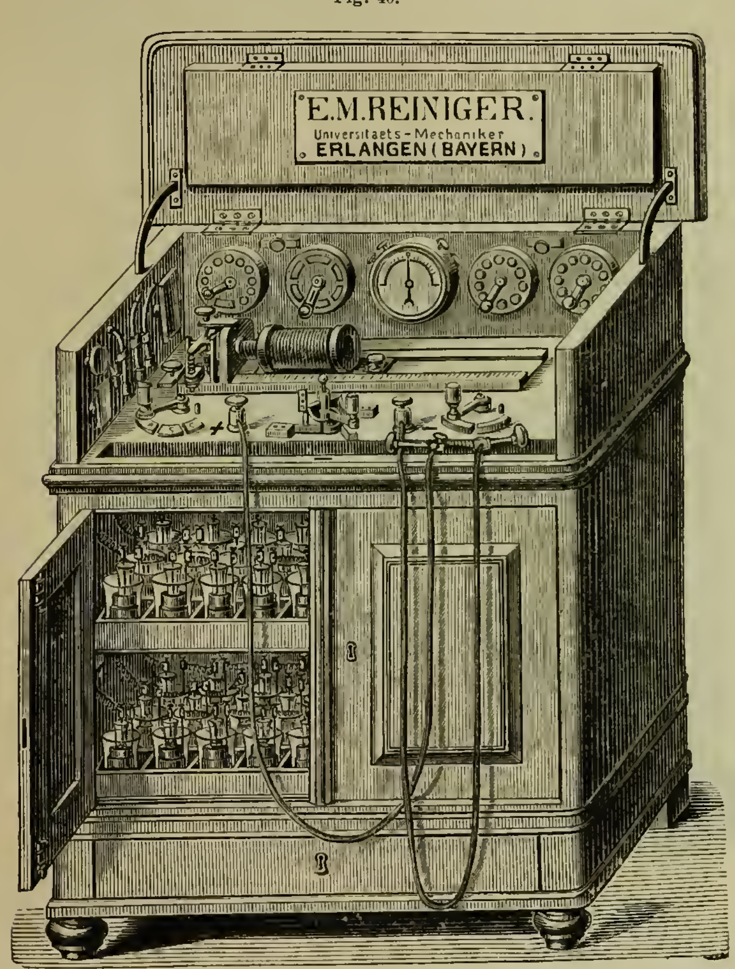
Mehr weniger ähnliche Stationärbatterien aus Siemens-Halske-Elementen werden heutzutage von jedem Mechaniker nach Angabe des Bestellers eingerichtet. Die Tischplatten der Schränke haben Tischhöhe, um bequem zu allen Nebenapparaten gelangen zu können. Vortheilhaft ist

es, wenn der ganze Schrank durch einen entsprechenden Deckel geschlossen werden kann.

Es wäre übrigens unmöglich, alle derartigen Zusammenstellungen hier auch nur aufzuzählen, da beispielsweise Hirschmann in Berlin deren 12, Krüger in Berlin deren gar 22 in ihren Katalogen führen.

Brenner hat die Siemens-Remak'sche Batterie modificirt und mit einigen zum Theile aus der Elektro-Physiologie herübergenom-

Fig. 40.



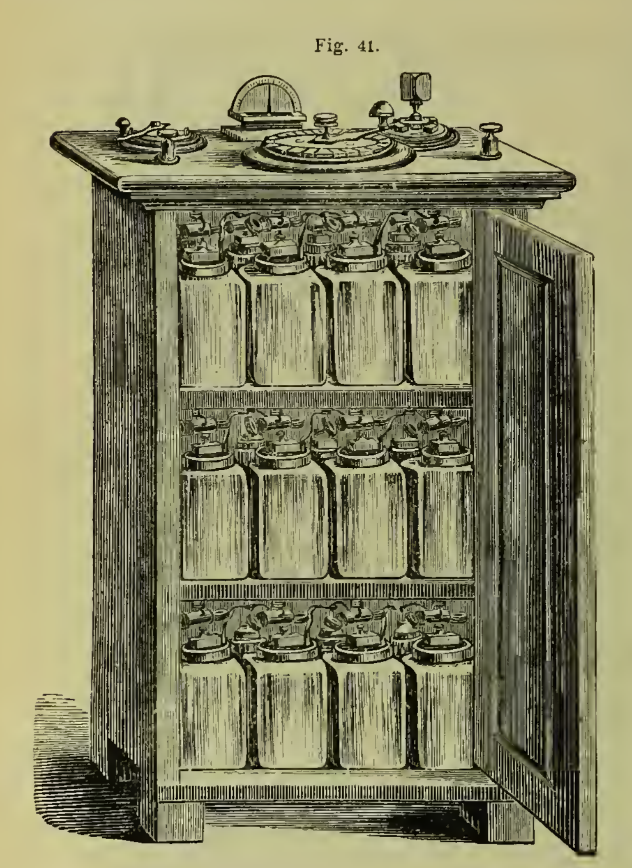
menen Nebenapparaten ausgerüstet, die jedoch nicht nur für den Praktiker, sondern auch für den Specialisten als entbehrlich bezeichnet werden können.

So z. B. hat Brenner einen selbstthätigen Unterbrecher, der nach Belieben bald den constanten, bald den Inductionsstrom in gewünschter Schnelligkeit unterbricht, und ein Spiralrheotom, das den Batterie- oder Inductionsstrom nur für eine ganz bestimmte Zeit schließt, seiner Batterie

hinzugefügt, zwei Nebenapparate, die jedoch für die elektrotherapeutische Praxis völlig entbehrlich sind; außerdem hat Brenner den Kurbelstromwähler durch den minder praktischen Stöpselstromwähler (siehe pag. 141) ersetzt und den Stromwender in der Seite 145 angegebenen Weise modificirt. Ein unbestreitbares Verdienst Brenner's ist es hingegen, mit dieser Modification der Siemens-Remak'schen Batterie zuerst den Rheostat in die elektrotherapeutische Praxis eingeführt zu haben.

Weiters kann indes hier auf diese heutzutage übrigens nur mehr selten benützte Brenner'sche Modification nicht eingegangen werden. Ich habe dieselbe in meiner Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde[1]) abgebildet und genau beschrieben.

Fig. 41.



Unter den Stationärbatterien aus Leclanché-Elementen ist die von den Mechanikern Kaiser und Schmidt ausgeführte zu erwähnen. In einem polirten Schranke von Tischhöhe, Fig. 41, sind 24 große Leclanché-Elemente in 3 Fächern untergebracht; auf der Tischplatte befindet sich ein Kurbelstromwähler, ein Stromwender, ein Verticalgalvanoskop nebst einer Stöpselvorrichtung zur Ein- und Ausschaltung desselben, sowie ein paar Polklemmen. Diese 24 Leclanché-Elemente kommen in ihrer Wirkung 53 Siemens-Halske-Elementen gleich und sind bei Verwendung zu elektrodiagnostischen und elektrotherapeutischen Zwecken constant und dauerhaft; dabei nehmen sie wenig Raum ein. Derartige Batterien zu 30 Elementen stellt unter Anderen auch Reiniger in Erlangen zusammen.

Dr. Stöhrer und Sohn in Leipzig haben verschiedenartige Stationärbatterien aus Zink-Kohle-Elementen zusammengestellt. Zumeist verwenden sie Zink und Kohlenplatten von je 12 *cm* Höhe und 6 *cm* Breite, welche an einen Elemententräger befestigt werden; die die Erregungsflüssigkeit

---

[1]) Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde, Wien 1883, pag. 215—223.

(bestehend aus verdünnter Schwefelsäure mit Zusatz von neutralem Quecksilbersulfat) enthaltenden Elementzellen sind entsprechende Glasgefäße, die in einem oben offenen Batteriekasten stehen, der mittels Kurbelvorrichtung zu den stromgebenden Platten emporgehoben werden kann. Die Stromwahl geschieht durch einen schlittenartigen Schieberstromwähler (Schlussschieber), der über den Elementverbindungen schleift.

Die neueste derartige Zusammenstellung, von Stöhrer combinirter elektrotherapeutischer Apparat für Specialisten und Heilanstalten bezeichnet, hat u. A. auch v. Erdmann in der 4. Auflage seines Werkes: Die Anwendung der Elektricität in der praktischen Medicin, pag. 55 abgebildet und beschrieben. Diese Batterie besteht aus 40 Zink-Kohlenplatten-Elementen, die in einem tischförmigen verschließbaren Schranke aus polirtem Eichenholz in 2 getrennten Batteriekästen untergebracht sind, so dass 20 und 20 Elemente nach Bedarf armirt werden können. Auf der Tischplatte dieses Schrankes befindet sich der Schlussschieber, ein Stromwender, ein Inductionsapparat, zwei Flaschenelemente für denselben, ein Galvanoskop, ein Rheostat, ein Umschalter für den continuirlichen, primär und secundär inducirten Strom und eine Koppelvorrichtung (für die allfallsige Benützung dieser Batterie zur Elektrolyse), durch deren Anwendung die Elemente der Batterie so geschaltet werden können, dass sie eine Batterie von der halben Anzahl der Elemente mit doppelt so großer Oberfläche des Einzelelementes darstellen.

Eine ähnliche Zink-Kohlenplatten-Batterie hatte der Münchener Mechaniker Weichmann auf der Wiener Elektricitätsausstellung 1883 exponirt.[1])

Auch aus Smee'schen Elementen und deren Modificationen wurden verschiedene Tauchbatterien für ärztliche Zwecke angegeben und ausgeführt, so z. B. von Benedikt, Beard und Rockwell, Fovaux, Frommhold, Heller[2]) etc. Einen speciellen Vortheil (Modification des Quantitäts- und Intensitätswertes nach Frommhold?) bieten diese Batterien, wie pag. 60—63 dargethan wurde, nicht. Trotzdem tauchen immer von neuem derartige Zusammenstellungen auf, bei denen der Tauchvorrichtung gewöhnlich eine besondere Rolle imputirt wird. Jedoch leistet diese Tauchvorrichtung bei Benützung einer solchen Batterie zu elektrodiagnostischen und elektrotherapeutischen Zwecken nichts anderes, als dass sie es ermöglicht, die Plattenpaare in die Flüssigkeit einzusenken oder herauszuheben, somit die Batterie in und außer Thätigkeit zu setzen.

Transportable Batterien.

Ist schon die Anzahl der für medicinische Zwecke construirten Stationärbatterien groß, so wird sie doch bei weitem noch von der Menge der bekannt gewordenen transportablen Apparate übertroffen. Zu Stationärbatterien können nur Elemente verwendet werden, die eine

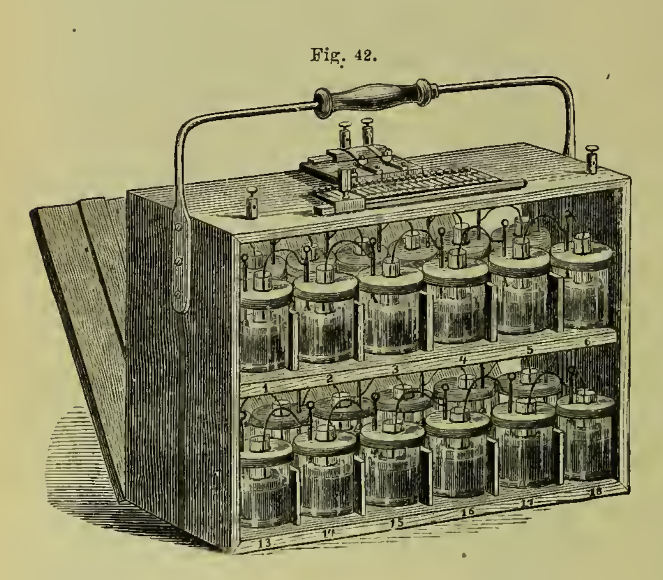
[1]) Lewandowski, Die Medicin auf der Wiener elektrischen Ausstellung. S.-A. der Wien med. Presse ex 1883 und 1884, pag. 42—44; die Elektromedicin auf der Wiener elektrischen Ausstellung 1883, S. A. der „Internationalen Ztschr. f. d. elektr. Austellung in Wien. A. Hartlebens Verlag 1883", pag. 14.

[2]) Vergl. Lewandowski, Elektrotechnik, pag. 225

längere Wirkungsdauer besitzen und nicht tägliche Wartung und Pflege erheischen; zur Herstellung transportabler Batterien hingegen werden alle möglichen Elementarten herangezogen, somit auch solche, die nach jeder Benützung auseinandergenommen oder nach einigen Benützungen zerlegt, gereinigt und hierauf wieder frisch gefüllt und zusammengestellt werden müssen. Hier überwiegt nämlich die Handlichkeit des ganzen Apparates die Compendiosität und die möglichst weitgehende Herabsetzung des Gewichtes desselben sowohl die Constanz als Dauerhaftigkeit der Elemente, sowie auch noch oft die Unterhaltungskosten oder den Anschaffungspreis des ganzen Apparates.

Das constanteste Element für medicinische Zwecke, das Siemens-Halske'sche, wurde bereits wiederholt zur Construction transportabler Batterien von verschiedenen Seiten herangezogen. So fertigten z. B. u. A. die Mechaniker Krüger und Hirschmann in Berlin, Heller in Nürnberg und Raabe in Erlangen über Ziemssen's Veranlassung transportable Batterien aus verkleinerten Siemens-Halske-Elementen, ohne dass auch nur eine dieser Zusammenstellungen allseits befriedigt hätte. Ihr Gewicht war stets bedeutend und überdies mussten noch die Elemente für den Transport eigens hergerichtet, nämlich die Glasgefäße, welche die Zinke enthielten, bis oben hinauf mit Sägespänen ausgefüllt werden etc.

Fig. 42.

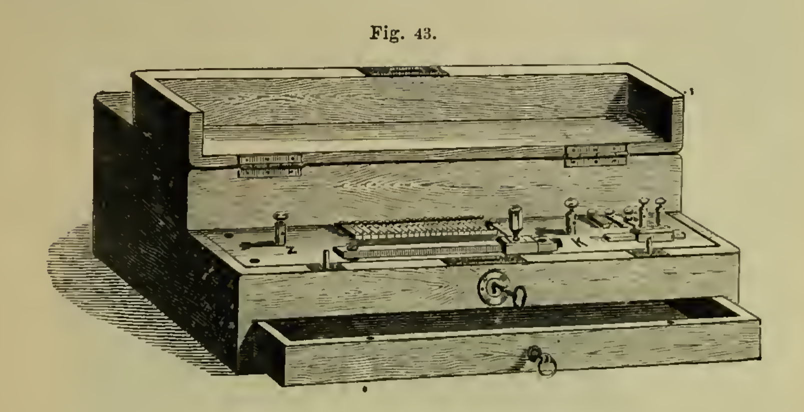


Die Wiener Firma Mayer und Wolf hat durch Verkleinerung des ursprünglichen Formates dieser Elemente einerseits und durch luftdichten Verschluss derselben mittels Weichgummideckeln andrerseits einen Theil der Hindernisse, die der Verbreitung derartiger Batterien im Wege standen, überwunden und zuerst eine, billigen Anforderungen entsprechende Batterie hergestellt, die sich seit Jahren für gewisse Zwecke ambulanter Praxis als geeignet erwies.

Die erste dieser Ausführungen ist in Fig. 42 dargestellt. In einem 43 *cm* langen, 17 *cm* breiten und 34 *cm* hohen, an den Breitseiten durch abnehmbare Seitenwände völlig abgeschlossenen polirten Batteriekasten sind in 2 Reihen über- und hintereinander je 6 Elemente in eigenen Fächern untergebracht. An Nebenapparaten besitzt diese Batterie einen Schieberstromwähler und Stromwender. Die einzelnen Elemente sind 8 *cm* hoch und besitzen einen Durchmesser von 6 *cm*. Das Gewicht der gefüllten Batterie beträgt 15 *kg*.

Eine andere Zusammenstellung, Fig. 43, enthält in einem 54 *cm* langen, 32 *cm* breiten und 17 *cm* hohen Batteriekasten (in 3 Reihen hintereinander) 21 Elemente. Dieser Batteriekasten besitzt ein Schubfach für die Elektroden und Leitungskabel und einen zweimal zurückschlagbaren Deckel. Legt man die erste Hälfte desselben um, so gelangt man zum Schieberstromwähler, Stromwender und den Polklemmen; schlägt man den rückwärtigen Theil des Deckels um, so gelangt man zu den Elementen. Dieser Apparat dürfte sich vorzugsweise für Otiatriker und Oculisten empfehlen.

Fig. 43.



Mayer und Wolf haben auch noch aus 40 Siemens-Halske-Elementen [1]) eine „transportable" Batterie zusammengestellt, die eben noch von zwei Personen getragen werden kann.

Den Batterien aus modificirten Daniell-Elementen wäre noch Trouvé's transportable Batterie für medicinische Zwecke anzuschließen. Diese Batterie besteht aus 60—80 seiner pag. 89 beschriebenen Löschpapier-Elemente. Bei der Kleinheit derselben lassen sie sich in engem Raume unterbringen und so nette Arrangements zusammenstellen. Ich sah solche Batterien in handlichen Holzkästchen mit doppeltem Deckel. Der innere trug an seiner Unterseite die Elemente, an der Oberseite die Nebenapparate (Stromwähler, Stromwender, Galvanoskop etc.), der äußere diente zum Verschluss des Batteriekastens. Diese Batterien sollen ziemlich dauerhaft sein und dürften auch leicht und bequem zu handhaben sein; da ich sie jedoch nicht aus eigener Erfahrung kenne, vermag ich auch über deren Stromstärke und Wirkungsdauer keine näheren Angaben zu machen.

Kuriositätshalber sei hier noch die „transportable" Batterie Leon Denis' aus Brüssel erwähnt, die derselbe aus 20 Trouvé-Callaud-Elementen zusammengestellt hat. Geradezu unbegreiflich ist es, wie diese Batterie zur Bezeichnung „transportabel" (?!) kommt, da das Element an und für sich kein transportables ist (vergl. pag. 86 und 87).

———

Den aus modificirten Daniell-Elementen gebauten transportablen Batterien sind naturgemäß die aus mehr oder weniger modificirten Leclanché-Elementen (der

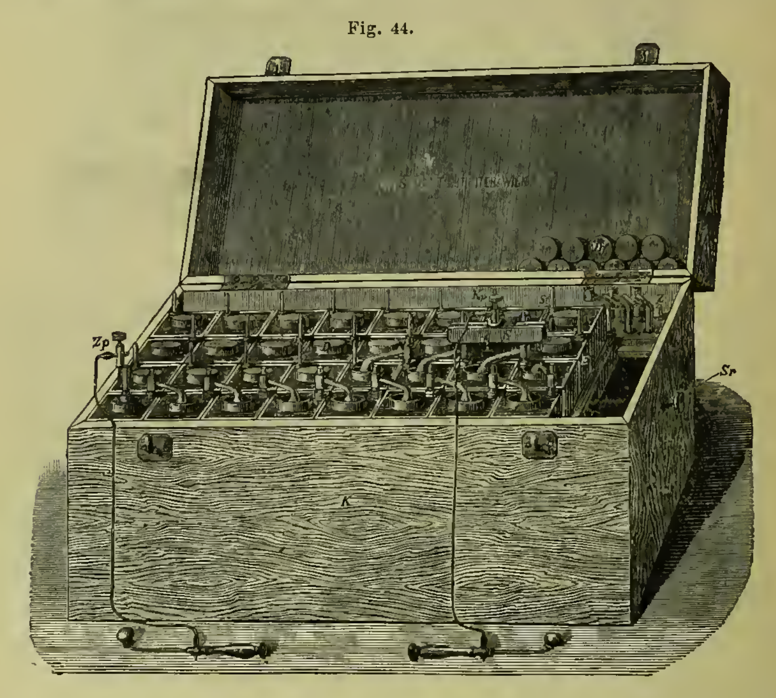
[1]) Lewandowki, die Medicin auf der Wiener Elektricitätsausstellung 1883. S.-A. der Wiener med. Presse ex 1883 und 84, pag. 58, Fig. 39.

zweiten, in der Elektrotherapie am meisten verbreiteten Elementart) zusammengestellten, anzuschließen.

Unter diesen erscheint mir die Leiter'sche Batterie aus seinen pag. 105 beschriebenen Braunstein-Elementen als die für den praktischen Arzt zweckentsprechendste.

Diese, aus 32 Elementen bestehende Batterie, Fig. 44, besitzt einen 40 *cm* langen, 22 *cm* breiten und 18 *cm* hohen Batteriekasten *K* aus Eichenholz, in welchem 4 Reihen dieser Elemente *E* derart angeordnet sind, dass die erste Reihe beispielsweise die Kohlen-Ausleitungszapfen nach rechts, die zweite Reihe nach links u. s. w. gerichtet haben. In das erste Element (von links anfangend) ist ein Zinkstab, der an dem Hartgummideckelchen befestigt ist, eingetragen; er trägt eine aufsteckbare Hülse mit der Polklemme für die Kathode der Batterie *Zp*. In die folgenden Elemente werden die Zink-

Fig. 44.



stäbe, die an den abgebogenen Kniestücken ans Bankaziun angeschraubt sind, eingestellt und der konische Ring des Kniestückes jedes Zinkstabes auf den konischen Ausleitungszapfen des Kohlenpoles einfach eingehängt und besorgt derselbe durch sein eigenes Gewicht bei dem genauen Aneinanderpassen so großer Flächen ohne jegliche Schraube hinreichend sicheren metallischen Contact.

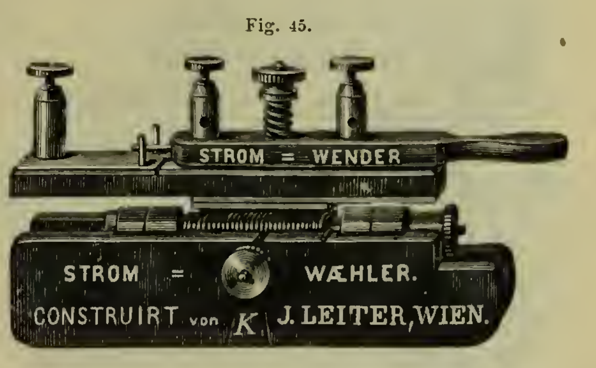
Im Batteriekasten befindet sich rückwärts und seitlich rechts je eine Holzleiste, mittels deren durch Presseschrauben *Sr* die Elemente unverrückbar aneinander gedrückt werden. Dies ist die einzige Aufgabe des Batteriekastens und sind an demselben weder Ausleitungspolklemmen, noch irgend welche Nebenapparate befestigt. Es kann somit dieser Batteriekasten durch jeden anderen, für eine beliebige Elementzahl passenden Behälter, oder einfach durch einen Holzrahmen ersetzt werden.

Sind die Elemente in der angegebenen Weise angeordnet, so geschieht die Ausleitung der An., sowie die Stromwahl durch Verschiebung eines Schlittens *S*, der die Klemme für den Kohlenpol *Kp* trägt, über den zinnernen Ausleitungszapfen, wobei die Zinnringe als Unterlage für das Gleiten des Schlittens dienen. In der vorstehenden Fig. 44 erscheinen auf diese Weise 12 Elemente nacheinander verbunden, die übrigen 20 hingegen noch mit ihren Deckeln *D* verschlossen. Die entfernten Deckel *Df* der benutzten Elemente können im Batteriekastendeckel verwahrt werden.

Im Nichtgebrauchsfalle werden die Zinkstäbe aus der Salmiaklösung herausgehoben, abgewischt und in die Löcher *Z* hinter den Elementen eingehängt, die Diaphragmen aber luftdicht verschlossen. Der Raum rechts, neben den Elementen, dient zur Unterbringung der Elektroden, Leitungskabel, der Zinkpolklemme, sowie des Stromwählerschlittens.

Zum Zwecke der Änderung der Stromesrichtung bei unverrückten Polen hat L e i t e r mit diesem Stromwählerschlitten noch seinen pag. 147 beschriebenen Stromwender verbunden, welche Vorrichtung in Figur 45 in natürlicher Größe abgebildet ist. Mittels der Schraube *K* kann der Stromwähler an einem beliebigen Kohlenausleitungszapfen fixirt werden; die Pressschraube zwischen den beiden Polklemmen für die Leitungskabel am Stromwender gestattet diesen beliebig festzustellen. Für die Benutzung des Stromwählers mit dem Stromwender wird die linke, alleinstehende Polklemme mit dem ersten Zinkstab *Zp* der Batterie durch eine kurze Drahtspirale verbunden.

Fig. 45.

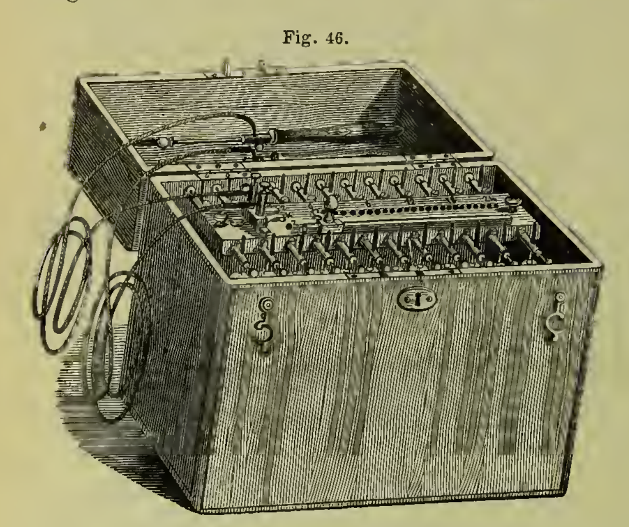


So gestattet diese Batterie die Benutzung des Stromwählers mit und ohne Stromwender, mit und ohne Galvanometer oder Rheostat (die mittels Hilfsdrähten eingeschaltet werden können). Diese Batterie gestattet ferners die Benutzung einer beliebigen Elementzahl von 2 angefangen. Da die Elemente quadratische Basis haben, kann jedes derselben in höchst compendiöser Weise durch ein anderes ersetzt werden. Bei andern Batterien muss man den Batteriekasten sammt allen Elementen mittragen, hier braucht man immer nur so viele Elemente mitzunehmen, als man voraussichtlich benöthigt. Sonst müssen alle Elemente oder doch wenigstens eine ganze Reihe derselben zugleich in Thätigkeit gesetzt werden, selbst wenn nur 2 oder 3 benöthigt werden, wodurch Material unnütz verbraucht wird, was bei dieser Batterie nicht der Fall ist, da hier stets nur so viele Elemente in Thätigkeit gesetzt zu werden brauchen, als man eben bedarf. Durch die Entfernung der Zinke werden diese conservirt, durch das Abwischen derselben ihre wirksame Oberfläche intact erhalten, hiedurch an Material gespart und die Batterie in stets zuversichtlich verlässlicher Wirkungsfähigkeit erhalten. Durch die Wahl des Hartgummi für Zellen und Diaphragmen ist die Batterie dauerhaft, infolge der schlitzwandigen Diaphragmen der innere Widerstand der Elemente geringer, somit ihre Stromstärke größer als die anderer Braunsteinketten gleicher

Dimensionen. Wegen der Verbindung der Elemente untereinander ohne jede Schraube oder Klemme ist die Batterie leicht zu handhaben, leicht in und außer Thätigkeit zu setzen und stets vollkommener Contact gesichert. Das Zinn bleibt unter den unedlen Metallen noch am längsten blank und kann leicht mittels feinsten Schmirgelpapieres, Putzpasta, Kreide etc. blank gemacht werden. Die Verschließung der Elemente hindert das Verdunsten des flüssigen Zwischenleiters und verlängert die Wirksamkeit der einmal gefüllten Batterie.

Nach meinen Erfahrungen braucht man bei täglicher Benützung dieser Batterie dieselbe im Jahre höchstens zweimal mit Salmiaklösung zu beschicken; dabei ist die Manipulation höchst einfach, man läuft nicht Gefahr, sich zu beschmutzen oder Kleider und Möbel zu ruiniren. Der Arzt kann ohne Hilfe eines Mechanikers die ganze Batterie zerlegen, die Elemente frisch füllen und alles in einfachster Weise wieder zusammenstellen, da nichts complicirt, verborgen oder filigran gearbeitet, im Gegentheil alles solid und dauerhaft ausgeführt ist. Dies auch die Gründe der raschen und großen Verbreitung derselben unter den Praktikern.

Fig. 46.



Unter den transportablen Batterien aus Braunsteinelementen wäre noch die von der Firma Mayer und Wolf in Wien zusammengestellte Batterie, Fig. 46, aus 24 der pag. 105 besprochenen (etwas abgeänderten) Beetz'schen Elemente zu erwähnen.

Diese Batterie misst 36 *cm* in der Länge, 28 *cm* in der Höhe und 12 *cm* in der Breite. Ihr Gewicht beträgt im gefüllten Zustande 5·5 *kg*.

Ich hatte keine Gelegenheit, ihre Stromstärke und Wirkungsdauer zu prüfen. Diese nett ausgestattete Batterie besitzt einen Schieberstromwähler und Stromwender.

Die Beetz'schen Originalbatterien bestehen aus 24—40 Elementen, die auf einem Holzgestelle vereinigt sind. Die 24elementige ist 25 *cm* lang, 7 *cm* breit und 20 *cm* hoch. Die Elemente werden mit ihren Ausleitungsstiften in den Klemmen der Elemententräger befestigt, die durch schräg verlaufende Kupferdrähte untereinander verbunden sind. Nach Lockerung dieser Klemmschraube kann man jedes Element herausnehmen oder gegen ein anderes umtauschen. Zur Stromwahl dient eine Stromwählerschnur. Die Wirkung dieser 24elementigen Batterie kommt den Berechnungen Beetz' zufolge der Wirkung von 34 Daniell-Elementen gleich.

Dr. Stöhrer und Sohn in Leipzig fertigen „Handbatterien“ aus 30 oder 40 kleinen geschlossenen Leclanché-Elementen: In einem

entsprechenden Batteriekasten aus Mahagoniholz befindet sich ein 30 (beziehungsweise 40) Zellen enthaltender Hartgummitrog. Die einzelnen Zellenreihen werden mittels flacher Hartgummiplatten bedeckt, an welchen die oben mit Knöpfen versehenen cylindrischen Zink- und Kohlenstäbe hängen. Die Elemente je zweier benachbarter Zellenreihen werden durch starke Metallfedern, die mit ihren Enden auf die entsprechenden Zink- und Kohlenknöpfe drücken (und so auch noch die Elektromotoren an den Hartgummideckeln fixiren) untereinander verbunden. Die Kohlenstäbe sind nach unten zugespitzt und ragen in ein Gemisch von Kohlen- und Braunsteinpulver, welches ein Drittheil der Zelle ausfüllt. Die Erregungsflüssigkeit (concentrirte Salmiaklösung) nimmt den noch übrigen Raum der Zelle ein. Die Deckel je zweier benachbarter Zellenreihen sind an einer Hartgummileiste befestigt (die zugleich die Verbindungsfeder trägt) mittels welcher die Zink- und Kohlenstäbe der beiden Elementreihen mit einemmale ausgehoben werden können. Zur Stromwahl dient ein Schlittenstromwähler.

Die 30elementige Batterie (mit Stromwender und Galvanoskop) wiegt im gefüllten Zustande 5·5 *kg*.

A. Gaiffe in Paris fertigt aus Original-Leclanché-Elementen transportable Batterien in mehreren Zusammenstellungen mit doppeltem Kurbelstromwähler, Stromwender und Galvanometer.

Während bei den hier besprochenen transportablen Batterien aus Leclanché-Elementen alles offen zutage lag, jedes Element leicht entfernt, frisch gefüllt, oder durch ein anderes ersetzt werden konnte, was alles der Arzt selbst, ohne Mithilfe eines Mechanikers, auszuführen imstande ist, gibt es noch eine ganze Reihe von derartigen Batterien, von denen einige auf der Wiener Elektricitäts-Ausstellung 1883 „als ganz neue Systeme säureloser Batterien“ exponirt waren, bei welchen indes die Elemente für den Arzt, mitunter sogar selbst für den Mechaniker unerreichbar verschlossen, alle Verbindungen verdeckt und versteckt und oft die ganze Batterie, mit Ausnahme der hervorragenden Polklemmen und kleiner Glastrichterchen, zum Nachfüllen der Salmiaklösung mit Asphalt übergossen waren.

Zu diesen gehören u. a. die „säurelosen“ Batterien von James Coxeter in London und das angeblich „ganz neue System transportabler Batterien“ von Zellweger und Ehrenberg aus Uster (in der Schweiz), die ich des genaueren in A. Hartleben's illustrirter internationaler Zeitschrift [1]) für die Wiener elektrische Ausstellung besprochen habe.

Den Batterien aus Zink-Kohle-Braunstein-Salmiak-Elementen sind die transportablen Batterien aus Zink Kohle Schwefelsäure-Elementen anzuschließen.

Diese Sorte von Batterien wurde zuerst (1863) von der rühmlichst bekannten Leipziger Firma Dr. Stöhrer und Sohn hergestellt und wird gegenwärtig allenthalben in mannigfachster Zusammenstellung ausgeführt.

Stöhrer stellt die Zink-Kohle-Schwefelsäure-Elemente für seine verschiedenen transportablen Batterien entweder aus Zink- und Kohle-Cylindern oder aus Zink- und Kohle-Platten her.

---

[1]) Die Elektromedicin auf der Wiener elektrischen Ausstellung 1883. S.-A., pag. 18 und 19.

Die Plattenbatterien eignen sich für diagnostische und therapeutische Zwecke für Elektrolyse und (zumal bei veränderter Füllung, nämlich Zusatz von Chromsäure oder Kaliumbichromat) auch noch zur Galvanokaustik bei Benützung sehr kleiner Brenner. Dagegen sind sie nur schwer transportabel, da eine solche Batterie aus 30 Elementen beispielsweise 20 bis 22 *kg* wiegt.

Derartige Batterien werden zu 20—40 Elementen zusammengestellt; die stromgebenden Platten von 12 *cm* Höhe und 6 *cm* Breite werden an einem Elemententräger eingehängt, auf welchem sich der Stromwählerschlitten (Schlussschieber) mit Commutator verschieben lässt. Die Einschaltung der Elemente geschieht stets um zwei zu- oder abnehmend; es kann indes auf speciellen Wunsch auch der Wechsel um nur je ein Element hergestellt werden. Ein zweiter Schieber dient zur Verbindung der beiden parallelen Elementreihen an beliebiger Stelle, damit man nicht nöthig habe, immer die ersten Elemente in Gebrauch zu nehmen; auch lässt sich an diesem Schieber das Galvanoskop und der Rheostat einschalten.

Zur Aufnahme der Erregungsflüssigkeit dienen vierseitige Gläser, die in flachen, oben offenen, in Fächern abgetheilten Kästen stehen, welch letztere mittels Handhaben, die aus seitlichen Schlitzen des Batteriekastens hervorragen, zu den Stromgeberplatten emporgehoben und in beliebiger Höhe durch drehbare Holzwirbel festgestellt werden können.

Da sich diese eben noch von zwei Männern tragbaren Batterien nur für eine Verwendung im Hause eignen, hat Stöhrer nach demselben Principe auch noch „leicht transportable Handbatterien“ zu 10, 20, 30 und 40 Elementen, ebenfalls mit Hebevorrichtung, zusammengestellt. Statt der zerbrechlichen Glasgefäße dienen bei diesen Batterien Zellenkästen aus Hartgummi zur Aufnahme der Erregungsflüssigkeit. Die Elementplatten dieser Batterien sind 112 *mm* lang und 42 *mm* breit.

Diese Handbatterien können von einer Person bequem getragen oder im Wagen mitgeführt werden. Die Erregungsflüssigkeit erfüllt die Elementzellen nur bis zur halben Höhe, aus welchem Grunde Verschüttung derselben nur bei allzu heftigen Schwankungen oder beim Umwerfen des Apparates stattfinden kann.

Um das Vergießen der Flüssigkeit vollkommen zu beseitigen, hat Stöhrer noch eine Reihe von „Handbatterien mit geschlossenen Zellenkästen“ aus seinen pag. 97 beschriebenen Neigungselementen zusammengestellt. Die Zellenkästen aus Hartgummi werden durch Hartgummideckel, die an ihrer Unterseite mit Weichgummi belegt sind und durch Presschrauben fest aufgedrückt werden, geschlossen. Diese sind mit der Vorderwand des die Batterie sammt allen ihren Nebenapparaten verschließenden Batteriekastens aus polirtem Mahagoniholz fix verbunden und können durch Umlegen dieser um ihre untere Kante drehbaren Vorderwand mehr oder weniger geneigt und in jeder Lage festgestellt werden. Durch die Schrägstellung der Batteriekästen werden die Elemente in Thätigkeit gesetzt, indem erst in dieser Stellung die Erregungsflüssigkeit mit den Zinkstäben in Berührung kommt; bei horizontaler Stellung des Batteriekastens hingegen sind die Elemente außer Thätigkeit. Die Stromwahl geschieht mittels einer Überstöpselungs-Stromwählerschnur oder mittels eines Schlussschiebers. Eine derartige 20elementige Batterie mit Galvanoskop, Commutator etc. wiegt im gefüllten Zustande 7 *kg*.

Außer den angeführten transportablen Zink-Kohle-Batterien hat Stöhrer auch noch sogenannte „Doppelapparate“ für constanten und Inductionsstrom zu 20, 30 und 40 Platten- oder Neigungselementen in mehreren Ausführungen zusammengestellt.

Eine den eben beschriebenen Stöhrer'schen Batterien ähnliche hat auch Hirschmann in Berlin zusammengestellt: 40 Zink-Kohle-Elemente sind an 4 schmalen Hartgummiplatten befestigt, so dass stets je 10 auf einmal mittels einer Hebe- und Senkvorrichtung zu den am Boden des Batteriekastens befindlichen Elementbehältern herabgelassen werden können; Erregungsflüssigkeit, wie bei den Stöhrer'schen Batterien: verdünnte Schwefelsäure mit Zusatz von neutralem Quecksilbersulfat; Stromwählerschnur. Gewicht (ohne Stromwender und Galvanoskop, die auf Wunsch beigegeben werden) im gefüllten Zustande 6 *kg*.

C. Schwalbe in Magdeburg hat aus seinen pag. 96 beschriebenen (Zink-Kohle-Schwefelsäure-) Neigungselementen recht handliche Batterien zusammengestellt. Das Gewicht einer derartigen 40elementigen, mit einer Stöpselstromwählerschnur ausgestatteten Batterie beträgt 4 *kg*.

Auch aus Smee'schen Elementen wurden transportable Batterien zusammengestellt. Es sind dieselben jedoch wegen der raschen Polarisation dieses Elementes und der verhältnismäßig geringen Stromstärke für praktische Zwecke minder empfehlenswert.

So z. B. beschrieben Beard und Rockwell [1]) mehrere von Jerome Kidder in New-York (dem ersten Erzeuger von Neigungs- oder Winkelzellen) zusammengestellte transportable Smee-Batterien. Ich beschrieb seinerzeit [2]) mehrere transportable Smee-Batterien J. Leiter's in Wien. Auch Weiß in London u. a. m. fertigen transportable Smee-Batterien an, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden kann.

Recht handliche, transportable Batterien lassen sich aus den verschiedenen Chlorsilber-Elementen zusammenstellen. Allein deren Wirkungsdauer ist kurz, ihr Anschaffungspreis hoch, ihre Erhaltungskosten sehr bedeutend, die Manipulation viel Geschick, Aufmerksamkeit und Geduld erfordernd, aus welchem Grunde diese Batterien — wenigstens unter den praktischen Ärzten — keine weite Verbreitung finden dürften. Wer seiner Bequemlichkeit große Geldopfer zu bringen geneigt ist, der benütze eine der Gaiffe'schen Chlorsilber-Batterien, die bereits pag. 108 und 109 besprochen wurden.

Den Schluss bilden die aus Zink-Kohle-Chromsäure- und Zink-Kohle-Kaliumbichromatlösung-Elementen zusammengesetzten transportablen Batterien. Sie sind un-

---

[1]) Praktische Abhandlung über die med. und chirurg. Verwertg. d. Elektr. Deutsch von Dr. Vätter Ritter v Artens, Prag 1874, pag. 106 und 107.

[2]) Allgem. Wien. med. Zeitg., 1874, Nr. 13 und 14; ferner: Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde, pag. 233 etc.

leugbar heutzutage die verbreitetsten. Der Grund hiefür liegt jedoch durchaus nicht in ihrer Zweckmäßigkeit, sondern darin, dass derlei Batterien ohne viele Mühe von jedem Mechaniker äußerst leicht hergestellt werden können, dass die Herstellungskosten einer derartigen Batterie geringfügig sind, dass die Stromstärke der hier verwendeten Elemente größer ist, als die der modificirten Daniell- oder Leclanché-Elemente, somit derartige Batterien schon bei Verwendung einer geringeren Elementzahl (die sich handlich auf engem Raume zusammenstellen lassen) genügen und hauptsächlich darin, dass derlei Batterien durch ihre anfängliche Leistungsfähigkeit und scheinbar einfache und compendiöse Manipulation bestechen. Wer jedoch längere Zeit mit derlei Batterien arbeitet, der wird finden, dass die Erhaltungskosten einer derartigen Batterie (anderen, constanten und dauerhafteren gegenüber) groß, dass die gleichmäßige Wirkungsdauer derselben kurz, die Manipulation des Füllens, Entleerens und Reinigens derselben unbequem und unangenehm — kurz, dass die ganze Batterie durchaus nicht sehr verlässlich und somit für das, was sie leistet, auch noch viel zu theuer ist. Wer sich hingegen der (anderen Batterien gegenüber) großen Mühewaltung und der peinlichen Sorgsamkeit, die derlei Batterien erfordern, unterzieht, seinen Apparat nach allen Richtungen hin studirt, mit der ziemlich bald eintretenden Inconstanz rechnet — der wird auch eine derartige Batterie erfolgreich verwenden.

Allein praktisch wird er sie doch nicht nennen können. Hinzugefügt muss noch werden, dass derlei Batterien mit liliputanischen Elementen ganz wertlos sind. Ich hatte Gelegenheit mit derlei Elementen zu arbeiten; ihre ganze Wirkungsdauer währt kaum eine halbe Stunde; dann müssen sie gereinigt und frisch gefüllt werden. Darum sehe jeder, der sich eine derartige Batterie anschafft, darauf, dass die Elementzellen nicht gar zu klein seien. Nach diesen Bemerkungen und mit Hinweis auf das über diese Elemente bereits pag. 98 u. ff. Auseinandergesetzte schließe ich die Beschreibung einiger typischen Zusammenstellungen an, ohne indes auch nur auf die Aufzählung aller bisher bekannt gewordenen Combinationen einzugehen, umsomehr als jeder Mechaniker gerade derlei Batterien ganz nach Wunsch des Bestellers fertigen kann.

Als eine der sinnreichsten Zusammenstellungen aus derlei Elementen ist die Winkelzellenbatterie von E. M. Reiniger in Erlangen zunächst zu erwähnen. Reiniger stellt diese Batterien in 2 Größen als kleines und großes Modell her. Die Batterien kleinen Modelles sind 15elementig, die großen Modelles 20—30elementig. Die ersteren werden aus den pag. 99 und 100 beschriebenen, in Fig. 18 und 19 abgebildeten Winkelzellen hergestellt. 5 derartige Zellen sind zu einem 20 *cm* langen Hartgummizellentroge vereinigt, der an der Seite ein luftdicht verschließbares Ansatzrohr zum Eintragen der Erregungsflüssigkeit und in der Mitte seiner Länge einen Luftschlot zum Entweichen der bei der Thätigkeit der Elemente sich entwickelnden Gase besitzt. Der Fassungsraum jeder Elementzelle beträgt 20 cm^3; die Zinke sind bis auf eine kleine blanke Fläche mit Lack überzogene cylindrische Zinkstäbe von 1 *cm* Durchmesser und 17 *mm* Länge. 3 Zellentröge sind in einem 28 *cm* langen, 18 *cm* breiten und 8 *cm* hohen Batteriekasten hintereinander untergebracht und die Luftschlöte derselben durch Gummischläuche mit einem seitlich von den Zellentrögen befindlichen, knieförmig abgebogenen Ablaufrohre aus Glas verbunden. Der Batteriekasten hat an

seiner Vorderseite einen Kurbelstromwähler, an seiner Oberseite einen Stromwender, ein Galvanometer und einen Rheostat. Die Verbindung der Elemente mit dem Elementzähler wird durch Neusilberfeder-Contacte vermittelt. Während des Nichtgebrauches wird der Batteriekasten auf seine Schmalseite, für den Gebrauch hingegen auf seine Breitseite gestellt. Das Gewicht einer solchen Batterie beträgt (im gefüllten Zustande) 3·5 *kg*.

Solche Apparate waren auf der Wiener Elektricitäts-Ausstellung exponirt und wurden von der wissenschaftlichen Commission geprüft, deren Urtheil dahin lautet, dass bei Einschaltung eines äußeren Widerstandes von 3000 Ohms und bei einem Galvanometerwiderstande von 245·2 Ohms (in Verwendung stand das ebenfalls exponirt gewesene und nunmehr in meinem Besitze befindliche große absolute Einheitsgalvanometer Dr. M. Th. Edelmann's) 2 Elemente 1·3 M. A., 4 El. 2·5 M. A., 8 El. 4·8 M. A. und 15 El. 8·5 M. A. ergaben und dass sich die Batterie bei 5 Minuten dauerndem Schlusse als constant erwies. Nach Schluss der Ausstellung untersuchte ich eine derartige (mir von einem Wiener Vertreter Reiniger's zur Prüfung im bereits gefüllten Zustande übermittelte) Batterie bei ähnlicher Anordnung unter Benützung desselben Galvanometers und Einschaltung eines äußeren Widerstandes von 5000 S. E. = 4720 Ohms. Die Stromstärke aller 15 Elemente betrug 2·8 M. A. Nach 5 Min. zeigte das Galvanometer jedoch nur mehr 2·0 M. A., nach 10 Min. nur mehr 1·5 M. A., nach 15 Min. 0·8 M. A. und nach einer halben Stunde überhaupt gar keinen Strom mehr an. Die Batterie erholte sich nach sechsstündiger Ruhe, gab jedoch nach dieser Zeit unmittelbar nach der Schließung nur mehr einen Strom von 1·5 M. A., der in 12 Min. auf Null sank.

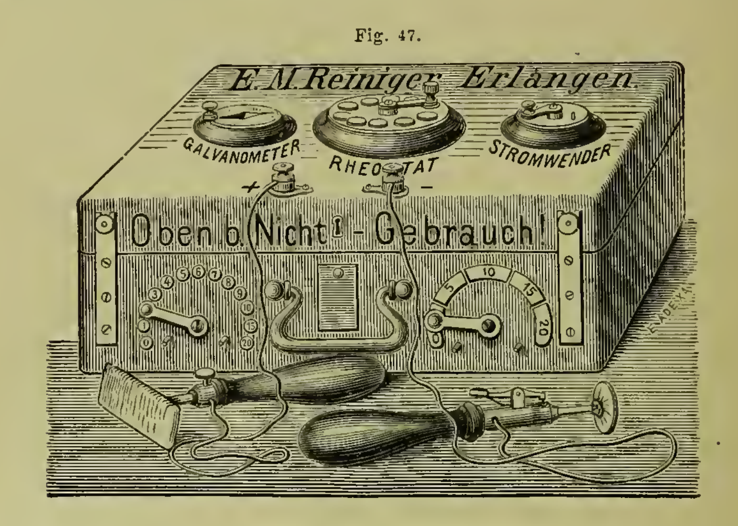
Ist die Batterie erschöpft, so muss sie entleert, gereinigt und frisch gefüllt werden. Zu diesem Zwecke wird jeder Zellentrog nach Lüftung der Gummischläuche und der Verbindungen der Elementableitungen mit dem Stromwähler aus dem Batteriekasten gehoben, der Metallverschluss des Ansatzrohres abgeschraubt, der Zellentrog entleert, mit warmem Wasser mehrmals ausgespült, hernach mit dem einen Ende auf das Verschlusstück des Ansatzes geneigt gelagert und 100 cm^3 der Chromsäurelösung (50 *g* Acid. chrom. cryst. auf 1 *l* Wasser, nebst 50—80 *g* Acid. sulf. conc. und 45 *g* Hydrarg. sulf. neutr.) aus einem Messgläschen mittels eines seitlich abgebogenen Glastrichters eingetragen. Die Zinke werden an dieser Batterie in der Weise ausgetauscht, dass ein entsprechender Schraubenzieher sehr heiß gemacht wird und an den Schraubenkopf des Zinkes am Zellentroge solange belassen wird, bis dieser sich aufdrehen lässt, da das Zink eingekittet ist. Auch beim Ersatze muss der Schraubenkopf des Zinkes bis zur Erweichung des Kittes vorgewärmt werden.

Die Vortheile dieser Batterie fasst Reiniger in 10 Punkten zusammen, die in dem geringen Umfange und Gewichte, der Unzerbrechlichkeit, absoluter Transportabilität, einfacher Füllung, In- und Außerthätigkeitsetzung, gleichmäßiger Abnützung aller Elemente, größtmöglichster Ausnützung der Säure etc. gipfeln; dies alles wird völlig zugestanden. Was die Wirkung anbelangt, so sprechen für dieselbe die oben angeführten Zahlen.

Reiniger's Winkelzellenbatterien größeren Modells unterscheiden sich von der eben beschriebenen durch die größere Capacität der Zellen, durch die größeren Zinke und Kohlen, sowie durch einen constanteren Strom und größere Wirkungsdauer. Die Kohle ist in den Zellen des größeren Modells nicht am Boden, in Form einer Platte angebracht, sondern ganz

nahe der vorderen schmalen Wand des ebenfalls 5 elementigen Zellentroges neben den Zinkstäben in der früher angegebenen Weise eingeschraubt. Zink und Kohle sind in Form cylindrischer Stäbchen von je 1 *cm* Durchmesser verwendet; das Zink ist 7 *cm*, die Kohle 6 *cm* lang. Der Rauminhalt einer derartigen Zelle beträgt 130 cm^3; zur Füllung wird jedoch für jede Zelle nur die Hälfte dieser Anzahl cm^3 von der bereits angegebenen Chromsäurelösung eingetragen. Fig. 47 stellt eine derartige 20-elementige Batterie mit allen Nebenapparaten dar. Ich benützte einen solchen Apparat, sowie eine 30 elementige Batterie durch viele Wochen und war mit beiden zufrieden. Die Dimensionen der 20 elementigen waren 30, 22 und 14 *cm*, ihr Gewicht betrug (im gefüllten Zustande) 7 *kg*; die Dimensionen der 30 elementigen betrugen 51, 22 und 14 *cm*, ihr Gewicht 11·5 *kg*. Die Stromstärke ergab bei Einschaltung eines äußeren Widerstandes von 4720 Ohms und 245·2 Ohms Galvanometerwiderstand bei Schließung von 5 El. 1·7 M. A., bei 10 El. 3·4 M. A., bei 15 El. 5·1 M. A., bei 20 El. 6·8 M. A., bei 25 El. 8·5 M. A.

Fig. 47.



und bei 30 El. 10·2 M. A. Auch erwiesen sich diese Batterien viel constanter als die kleineren Modelles. Ich benützte eine in gefülltem Zustande erhaltene 20-elementige Batterie (gr. M.), Fig. 47, durch 16 Tage, täglich während $^1/_4$ Stunde. Nach dieser Zeit erneuerte ich die Füllung nach Vorschrift und benützte sie sodann durch volle 4 Wochen (täglich $^1/_4$ Stunde), bis eine erneute Füllung nöthig wurde. Außer den Winkelzellenbatterien fertigt Reiniger auch noch Chromsäure-Tauchbatterien mit gläsernen Flüssigkeitsbehältern und Stromwählerschnur, sowohl in geschlossenen Batteriekästen, als auch in offenen Gestellen.

Mayer und Wolf in Wien fertigen ebenfalls verschiedenartige Chromsäure-Tauchbatterien. Eine für den Transport vorzüglich geeignete Zusammenstellung ist in Fig. 48 dargestellt. In einem 28 *cm* langen, 16 *cm* breiten und 17 *cm* hohen Batteriekasten befindet sich ein, die Vorderhälfte desselben einnehmender 16 elementiger Hartgummi-Zellentrog. Die Zink- und Kohlenplatten sind an der Unterseite einer im Nichtgebrauchsfalle der Batterie die rückwärtige Hälfte des Batteriekastens einnehmenden Eichenholzplatte befestigt

und ragen deren Ausleitungen auf der Oberseite dieses Elemententrägers hervor, um entweder mittels einer Stöpselstromwählerschnur oder bei anderen Ausführungen mittels eines Schieberstromwählers die Benützung einer beliebigen Elementzahl zu ermöglichen. Der Hartgummi-Zellentrog, dessen Zellen mit Chromsäurelösung oder mit einer der pag. 98 erwähnten Kaliumbichromatlösungen gefüllt wird, kann mittels eines unterwärts gepolsterten und mit einem Weichgummi-Überzug versehenen Holzdeckels für den Transport verschlossen werden. Den stets sicheren Verschluss besorgen 2 starke Haken, welche derartig angebracht sind, dass der Batteriekastendeckel dieselben beim Zuklappen gegen die Verschlussplatte möglichst fest anpresst und nicht eher geschlossen werden kann, bis diese Haken in die richtige Stellung gebracht wurden. Jede Elementzelle fasst 135 cm^3 Erregungsflüssigkeit. Die Wirkungsdauer dieser Batterie beträgt 20 Stunden, ihr Gewicht in gefülltem Zustande 10 *kg*. Auf der Wiener Elektricitäts-Ausstellung hatten Mayer und Wolf auch 24-elementige Batterien gleicher Einrichtung exponirt.

Fig. 48.

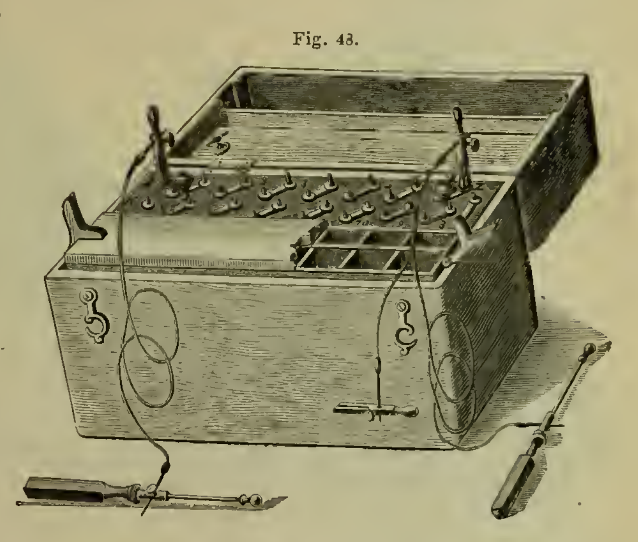


Fig. 49 zeigt eine einfachere Ausführung Mayer-Wolf'scher Grenet-Tauchbatterien mit Glasgefäßen und breiten Zink- und Kohlenplatten in einem festen Eichenholzkasten, der durch das Zusammenklappen der beiden Deckelhälften vollkommen geschlossen werden kann. Die Elementplatten hängen an einem starken Holzrahmen, der sich mittels federnder Stifte in beliebiger Höhe fixiren lässt. Die Handhabe ist beweglich, wodurch der Batteriekasten beim Tragen immer vertical zu stehen kommt, so dass trotz der offenen Glasgefäße doch nicht leicht Flüssigkeit vergossen wird. Da die Capacität eines einzelnen Glasgefäßes 380 cm^3 beträgt, ist sowohl die Stromstärke als auch die Wirkungsdauer dieser Batterie größer als die der vorher besprochenen, aus welchem Grunde schon eine geringere Elementzahl zu gewissen Zwecken genügt. Auf der Wiener Elektricitäts-Ausstellung 1883 waren derartige Batterien zu 10, 12, 15, 18, 21, 24, 27 und 30 Elementen zu sehen. Die Dimensionen einer solchen Batterie zu 18 Elementen waren: 28 *cm* Länge, 20 *cm* Breite und 27 *cm* Höhe; das Gewicht derselben (im gefüllten Zustande) betrug 9 *kg*.

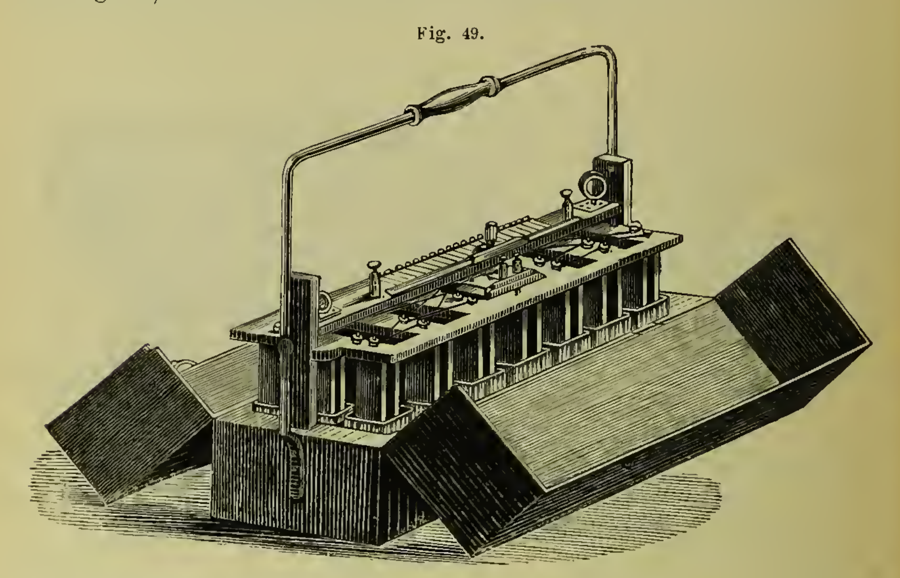
Auch in noch einfacherer Ausführung, nämlich ohne den zusammenklappbaren Deckel, somit in offenen Batteriekästen werden solche Batterien von der genannten Firma, wie auch von anderen Mechanikern in beliebiger Elementzahl hergestellt.

Rudolf Krüger in Berlin hat nach Angabe Dr. Spamer's eine Batterie aus 30 Elementen, Fig. 50, zusammengestellt. Die Dimensionen

derselben betragen 26, 22 und 18 *cm*, ihr Gewicht (im gefüllten Zustande) 6 *kg*. Je 10, unten spitz zulaufende Zink- und Kohlenstäbe sind an einer Hartgummileiste befestigt, die in seitlichen Schlitzen des Batteriekastens auf- und niederbewegt und in jeder Stellung durch Schrauben festgeklemmt werden kann. Die Flüssigkeitsbehälter sind 10-elementige Hartgummitröge, deren 3 durch Holzscheidewände getrennt, in eine Schublade eingetragen sind, die von rückwärts unter die Elemente einzuschieben ist. Im Nichtgebrauchsfalle werden die Zellenkästen durch einen Hartgummideckel luftdicht verschlossen. Die Erregungsflüssigkeit besteht aus: 20 Kal. bichrom., 300 Aq. dest., 45 Acid. sulf. conc. und 2 Hydrarg. bisulf.

Je 10 Elemente können auf einmal in die Flüssigkeit eingesenkt werden. Vor den Elementreihen ist rechts das Galvanoskop *G* und links der Stromwender sichtbar. Steht der Schieber des letzteren auf *N* (normal), wie in der Fig. 50, so wird von der mit *K* bezeichneten Polklemme die An. und

Fig. 49.



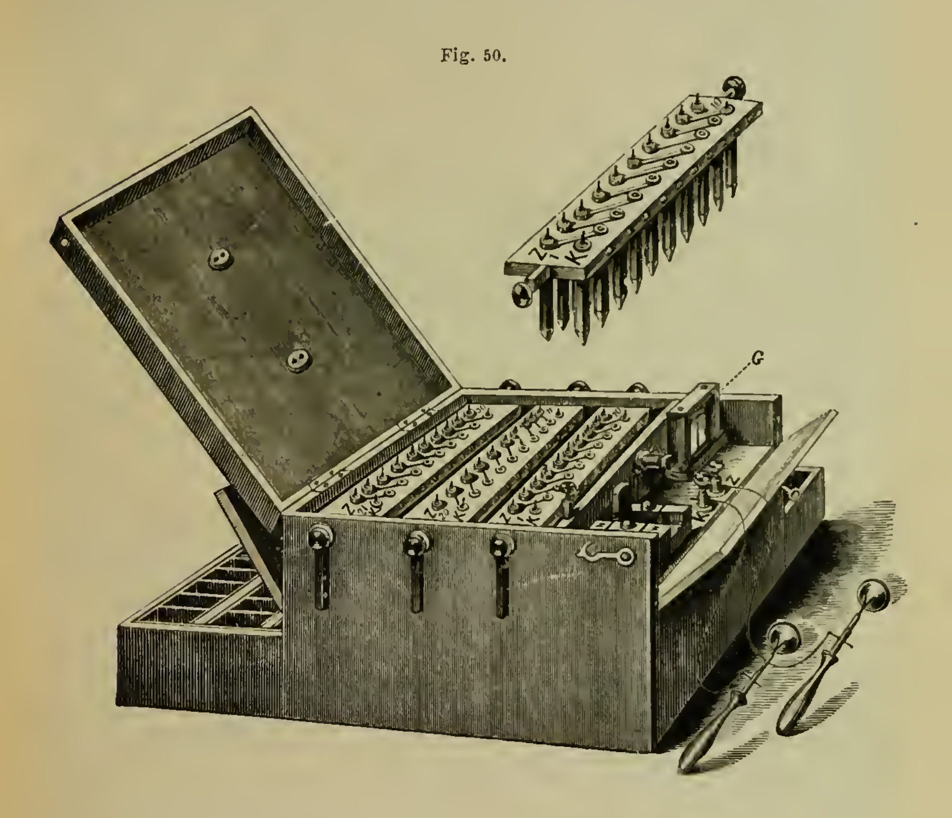
von der mit *Z* bezeichneten die Ka. fortgeleitet. Für diesen Fall soll die rechts neben dem Galvanoskop sichtbare, horizontale Klemmschraube *A* mit dem ersten Zink und die links hinter dem Stromwender auf der Kante der (die Elementreihen nach vorne abgrenzenden) Holzwand stehende verticale Klemme mit dem Kohlenausleitungsstifte des eben benützten Elementes mittels eines Hilfsdrahtes verbunden werden. Das Ende des letzterwähnten Verbindungsdrahtes bildet eine gespaltene Überstöpselungs-Stromwählerschnur. Wird der Schieber des Stromwenders auf *W* (Wendung) geschoben, so ist unter sonst gleichen Bedingungen *Z* die An. und *K* die Ka.

Die Stromgeber sind dünne Stäbe und ist überdies noch deren Oberfläche mit einem säurefesten Harzüberzug versehen, und zwar nicht nur die der Zinke, sondern auch die der Kohlen (?!); von den Zinkstäben bleibt nur die äußerste Spitze blank und wird erst, wenn diese verzehrt ist, ein entsprechender Theil des isolirenden Überzuges weggeschabt.

Hier dürfte in der Verkleinerung der Elemente mit Rücksicht auf die bis auf die Spitze getriebene Compendiosität doch schon zu weit gegangen sein.

Dieser Zusammenstellung äußerlich ähnlich hat Hirschmann in Berlin aus 30 seiner auf pag. 99 beschriebenen Taucherglocken-Elementen eine transportable Batterie gefertigt und mit einem Kurbelstromwähler, Stromwender und Galvanoskop ausgestattet. Die Erregungsflüssigkeit besteht aus 35 Gwthl. Kaliumbichromat, 85 Gwthl. Schwefelsäure, 7 Gwthl. schwefelsaurem Quecksilberoxyd und 450 Gwthl. Wasser. Soll die Batterie verlässlich wirken, so müssen die Elemente täglich gereinigt werden. Zu diesem Zwecke wird der Hartgummizellenkasten entfernt und an seiner statt ein jeder Batterie beigegebener Zinkkasten, mit lauwarmem Wasser gefüllt, gebracht, worauf die Elemente herabgelassen und durch wenigstens 1/4 Stunde ausgewässert werden sollen. Ferner soll täglich nachgesehen werden, ob

Fig. 50.



alle Zinke gleich weit hervorragen und müssen die etwa zu kurz befundenen mittels eines Schlüssels entsprechend vorgeschraubt werden. Endlich soll auch die Flüssigkeit häufig erneuert und der Zellenkasten vor jeder Neufüllung gründlich gereinigt werden.

Eine ähnliche Batterie hat ferner C. W. Fein in Stuttgart zusammengestellt. Die Elemente derselben bestehen aus Zink- und Kohlenplatten, letztere doppelt so breit als erstere. Die Zellentröge aus Hartgummi werden mit einer Kaliumbichromatlösung (20 Gwthl. Kaliumbichromat, 45 Gwthl. Schwefelsäure, 2 Gwthl. neutrales Quecksilbersulfat und 300 Gwthl. Wasser) gefüllt und können zu den fixen Elementen in seitlichen Schlitzen des Batteriekastens emporgehoben werden. Die Batterie besitzt Schieber-Stromwähler

und -Stromwender; manchen Ausführungen ist noch ein Inductionsapparat beigegeben.

Eine etwas complicirte Einrichtung besitzt die von Louis Grell in St. Johann a. d. Saar zusammengestellte Batterie; ihr Hauptnachtheil ist die große Menge von Contacten, an denen leicht eine Stromesunterbrechung stattfinden kann. Ich habe sie genau in der Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde (pag. 243) beschrieben.

Von den sogenannten Polarisationsbatterien sei hier nur die Thomsen'sche[1]) erwähnt. Sie besteht aus 1—2 innen mit Wachs überzogenen Holztrögen, die durch Platinplatten in Zellen abgetheilt sind. Diese Zellen werden mit verdünnter Schwefelsäure erfüllt und von jeder Platinplatte eine Leitung zu einem Vertheiler, der annähernd einem Kurbelstromwähler vergleichbar ist, geführt. Jede Platinplatte steht mit einem der im Kreise gestellten Metallklötzchen in Verbindung. Ueber diese Contacte schleifen 2 dicht nebeneinander befindliche gegeneinander isolirte Metallfedern, deren jede zu einem Pole eines constanten Elementes führt. Hiedurch werden die Platinplatten polarisirt und geben während der Rotation dieses Vertheilers einen von der ersten und letzten Platinplatte ableitbaren constanten Strom hoher Spannung, der nur bei Benützung eines entsprechenden Rheostates in der Nebenschließung verwendet werden kann. Wegen des hohen Anschaffungspreises, sowie wegen der Unbequemlichkeit, welche die Rotation des Vertheilers mit sich bringt, wozu entweder ein Assistent oder ein Uhrwerk oder ein Elektromotor nöthig wird, fanden diese Batterien unter den praktischen Ärzten keine Verbreitung.

Praktische Winke über die Wahl und Handhabung der zu diagnostischen und elektrotherapeutischen Zwecken verwendbaren Batterien.

Im Vorliegenden wurden die wichtigsten Typen sämmtlicher, in der Literatur bekannt gewordenen praktisch verwertbaren Batterien insoweit behandelt, als zur Orientirung über deren wesentlichste Eigenschaften unbedingt nöthig war. Ein weiteres Eingehen auf diesen Gegenstand wäre einerseits ob Raummangels unmöglich gewesen, und andererseits aus dem Grunde überflüssig, weil die Mechaniker und Instrumenten-Fabrikanten heutzutage ihren Batterien sehr gründliche Beschreibungen und genaue Gebrauchsanweisungen beigeben. Wie mehrfach erwähnt wurde, ist zu heilelektrischen Zwecken jede Batterie verwertbar, die einen hinreichend intensiven Strom liefert und mit einem praktischen Stromwähler ausgestattet ist. Der Stromwender kann füglich in die Elektrode verlegt werden und Galvanometer und Rheostat sind ohnehin als selbständige Nebenapparate anzusehen, die von den Mechanikern nur auf Wunsch gleich den Batterien beigegeben werden. Somit

---

[1]) Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde, pag. 48 und 49.

kommt es bei der Wahl einer Batterie vorerst auf deren Stromstärke und dann auf die Einrichtung des Stromwählers an.

Zu elektrotherapeutischen Zwecken genügt oft schon eine Batterie, die eine geringere Stromstärke liefert; zu elektrodiagnostischen, sowie zu mancherlei elektrolytischen Zwecken hingegen sind Batterien von größerer Stromstärke erforderlich.

Was den Stromwähler betrifft, so ist nur ein Kurbel-, Schieber- oder Schlittenstromwähler praktisch. Hingegen ist die sogenannte Stromwählerschnur, sowie der Stöpselstromwähler zeitraubend und unbequem. Der Stromwähler soll ferner die Einrichtung haben, dass stets nur ein Element nach dem anderen und ohne Stromesunterbrechung ein- und ausgeschaltet werden kann. Stromwähler, welche immer nur Sprünge um 2 oder 5 oder gar 10 Elemente gestatten, sind unbrauchbar, da schon der Unterschied um ein Element bei Anwendung von Zink-Kohle-Chromsäure-Elementen in gewissen Fällen eine zu große Stromesschwankung bildet und die Verwendung derartiger Batterien unabweislich die gleichzeitige Benützung eines Rheostates erheischt.

Eine entsprechende Stromstärke und einen praktischen Stromwähler vorausgesetzt, bleibt die Wahl der Batterie dem Ermessen des Einzelnen überlassen. Erwähnt muss indes werden, dass jede Batterie Aufmerksamkeit und sorgsame Pflege erfordert, wenn sie verlässlich wirken soll. Die erste Bedingung hiezu ist, dass der Arzt die Einrichtung seiner Batterie bis ins kleinste Detail studire. Er soll dieselbe jederzeit leicht und bequem zerlegen und wieder zusammenstellen können. Je weniger Schrauben dabei zu lösen, je weniger Contactstellen vorhanden sind, desto leichter wird die Batterie zu handhaben und zu überwachen sein. Bei der gründlichen Vertrautheit mit seinem Apparate wird der Arzt auch stets im stande sein, kleine Störungen im Gange desselben sofort selbst zu beseitigen und nicht jeden Augenblick vom Mechaniker abhängen.

Nur bei wenigen Elementen bleiben die Stromgeber auch während der Unthätigkeit mit den Erregungsflüssigkeiten in Berührung (Siemens-Halske, Meidinger, Calland, Leclanché etc.), bei den meisten hingegen sollen die Elektromotoren während des Nichtgebrauches der Batterie aus den Flüssigkeiten ausgehoben und gereinigt werden. Das Reinigen der Zinke, Kohlen etc. ist unerlässlich, weil dieselben sonst von den erhärtenden Zersetzungsproducten incrustirt und ihre wirksamen Oberflächen hiedurch verkleinert werden würden. Besonders sind die Kohlen (und Diaphragmen) von Zeit zu Zeit gründlich auszusüßen und die Zinke nach Bedarf zu amalgamiren.

Selbst Batterien, die ohne jede Wartung und Pflege das ganze Jahr ungestört functioniren können, sollen im Auge behalten und öfters nachgesehen werden, damit nicht unvorhergesehene Störungen platzgreifen. Das Herauskrystallisiren der direct eingetragenen oder durch die Thätigkeit der Elemente gebildeten Salze soll gehindert und alle Contacte blank und rein erhalten werden.

Sollte trotzdem eine Störung eintreten, die Batterie z. B. plötzlich nicht mehr die erforderliche Stromstärke besitzen oder gar eine complete Stromesunterbrechung sich eingestellt haben, so ist die Ursache dieser Störung unverzüglich aufzusuchen.

Die gewöhnlichste Ursache der Stromesschwächung liegt zumeist in der Polarisation der Elemente, entweder infolge deren Einrichtung oder wegen Erschöpfung der depolarisirenden Substanzen. Häufig ist der Manipulirende selbst hieran schuld. Die Kurbel- und Schieberstromwähler sind nämlich so eingerichtet, dass das bewegliche Contactstück beim Gleiten über die Ausleitungen der einzelnen Elemente bereits mit dem nachfolgenden in Berührung geräth, ehe der Contact mit dem vorhergehenden unterbrochen wurde. Es darf jedoch das bewegliche Contactstück (sei es die Kurbel oder der Schieber oder der Schlitten etc.) nie in der Lage belassen werden, wo es zu gleicher Zeit mit 2 aufeinanderfolgenden Elementausleitungen im Contact steht, weil sonst diese 2 Elemente untereinander kurz geschlossen und erschöpft oder polarisirt, jedenfalls rascher abgenützt würden, als alle übrigen. Daher ist immer darauf zu sehen, dass das bewegliche Contactstück während der Benützung der Batterie stets nur mit einer Elementausleitung allein in Berührung stehe, während der Nichtbenützung des Apparates aber auf Null gestellt werde. Dasselbe gilt selbstverständlich auch für den Stöpselstromwähler, sowie für jede Stromwählerschnur, deren beide Äste nie für längere Zeit mit 2 aufeinanderfolgenden Elementausleitungen in Contact belassen werden dürfen.

Eine häufige Ursache der Stromunterbrechung liegt in den Leitungsschnüren. Dieselben sind übersponnen oder mit Kautschuk überzogen und erscheinen oft äußerlich noch intact, während sie innerhalb dieser Hüllen zerrissen sind. Man prüfe daher die Leitungsschnüre mittels eines frischgefüllten Elementes und eines entsprechenden Galvanoskopes oder Galvanometers oder schalte gleich verlässliche Leitungsdrähte an deren statt ein. Circulirt noch immer kein Strom, so untersuche man die Elektrode und verbinde die Ausleitungsstifte der Leitungsdrähte direct miteinander. Persistirt die Stromesunterbrechung noch, so untersuche man die Elemente, zumal deren Verbindungen und Ableitungen. Mitunter brechen die Drähte, durch welche die Elemente untereinander, oder jene, durch welche die Elemente mit dem Stromwähler in Verbindung gesetzt sind, unmittelbar an den Stellen, wo sie eingeklemmt wurden oder erstere werden dort, wo sie von den Stromgebern ausgehen, durch die Zersetzungsproducte zerstört. Hernach untersuche man die einzelnen Elemente, ob sie nicht ausgetrocknet sind, ob die depolarisirende Masse in hinreichender Menge vorhanden ist, ob die Erregungsflüssigkeit nicht vollkommen zersetzt (z. B. ob nicht beim Siemens-Halske-Element die Kupfersulfatlösung vollkommen entfärbt) ist und ob die Zinke intact sind.

Mitunter wird es nöthig sein, ein Element nach dem anderen mit Hilfe des Galvanometers zu untersuchen. Erweist sich irgend eines bei dieser Prüfung als in seiner Stromstärke von den übrigen bedeutend different, so muss es ausgeschaltet und durch ein anderes ersetzt werden. Gewöhnlich erheischt es dann gründliche Reinigung und frische Füllung.

Bei diesen Untersuchungen stößt man mitunter auf fehlerhafte Schaltungen. Diese Fehler können dem Gehilfen des Mechanikers oder dem Arzte, der sich die Batterie zusammenstellte, unterlaufen sein. So können z. B. zwei aufeinanderfolgende Elemente entgegengesetzt verbunden sein, nämlich Zink mit Zink und Kohle mit Kohle; diese zwei Elemente neutralisiren sich gegenseitig und erhöhen den inneren Widerstand der

Batterie bedeutend; oder ist die Einschaltung des Stromwenders unrichtig, oder die Verbindung der Elemente mit dem Stromwähler fehlerhaft etc.

Bei Elementen, die nicht rein gehalten werden, findet oft ein kurzer Schluss zweier aufeinanderfolgender Elemente oder der beiden Stromgeber eines Elementes durch erhärtende Ausscheidungsproducte mit allen daraus sich ergebenden Consequenzen statt. Ein in sich geschlossenes Element gibt selbstverständlich keinen Strom und unterbricht den Strom der hinter demselben eingeschalteten Elemente vollständig.

Je weniger complicirt die Batterie ist, desto leichter lassen sich alle ihre Theile übersehen und die Ursachen vorkommender Störungen aufdecken und beseitigen. Reinlichkeit und Nettigkeit ist indes bei jeder, selbst der besten Batterie unerlässlich. Eine Batterie, die ohne jede Mühewaltung und Pflege wirksam bliebe, existirt nicht. Das Ideal der sogenannten trockenen Batterien[1]), die absolut keine weitere Besorgung erheischen, ist schon vom theoretischen Standpunkte aus eine Utopie. Polarisationsbatterien, Secundärbatterien etc. haben auch flüssige Zwischenleiter und Elemente, die zu ihrer Ladung verwendet werden. Sie erfordern also doppelte Aufmerksamkeit und Überwachung. Von einer Seite wurde empfohlen, aus Miniatur-Accumulatoren Batterien für elektromedicinische Zwecke zusammenzustellen. Abgesehen davon, dass derlei Batterien unverlässlich wären, würden sie schon wegen ihrer Kostspieligkeit und der Mühe, die sie verursachen möchten, im höchsten Grade unpraktisch sein; denn eine Batterie zu unterhalten, um derlei Batterien erst zu laden und beim Laden, sowie beim Entladen (d. h. beim Benützen der Batterie) an Stromesintensität jedesmal einzubüßen, wäre noch unzweckmäßiger als beispielsweise eine Dampfmaschine dazu zu benützen, um Wasser auf eine bestimmte Höhe zu schaffen, woher es herabfallend erst einen Wassermotor in Bewegung setzen soll, zumal wenn letzterer in seiner Leistung noch hinter dem Dampfmotor zurückbliebe; da wird doch jedermann diesen direct verwenden und nicht zweimal an Energie einbüßen.

---

[1]) Dr. Alb. Lessing in Nürnberg fertigt neuestens eine Sorte sogenannter „Trockenelemente“ (die von dem Apotheker C. H. Wolff in Blankenese angegeben wurden), welche gleich den Leclanché-Elementen verwendbar sein sollen. Diese Elemente, deren Zusammenstellung geheim gehalten wird, sind in vollkommen geschlossenen Zinkblechdosen, aus denen bloß die Klemmschrauben hervorragen, untergebracht. Ich benütze seit 4 Wochen zwei derartige Elemente (jedes von 5 × 10 × 12 *cm* Dimensionen und 1180 *g* Gewicht) zur Armirung zweier Inductionsapparate und bin mit deren Constanz und Stromstärke zufrieden. Wenn sie unwirksam geworden, sollen sie wie ein Accumulator mittels frisch gefüllter großplattiger Bunsenelemente geladen, respective regenerirt werden. Dr. Lessing stellte in einem ddto. 4 April 1885 an mich gerichteten Schreiben die baldige Herstellung von 30-elementigen Batterien aus derartigen Elementen (von ganz kleinen Dimensionen) für medicinische Zwecke in Aussicht. Dr. August Voller in Hamburg publicirte im Septemberhefte 1884 der „Elektrotechnischen Zeitschrift“, eine Reihe von Versuchen „Über die Verwendbarkeit des Wolff'schen regenerirbaren „Trockenelementes“ für den Fernsprechdienst und ähnliche Zwecke“. E. M. Reiniger in Erlangen stellt aus derartigen „Trockenelementen“ (à 10 × 5 × 3 *cm*) transportable Batterien für med. Zwecke her. Ich untersuchte die Einrichtung eines derartigen „Trockenelementes“ und fand in einem wohlverlötheten Zinkkasten, dessen Innenfläche zugleich den Zinkpol darstellte, eine Leclanché'sche Braunsteinkohle unten und von den Seiten umgeben von dicht eingestampften sehr feuchten Sägespänen. Die Flüssigkeit, womit die Sägespäne befeuchtet waren, ist eine Lösung von Zinksulfat, Zinkchlorid, Ammoniumchlorid etc. Die hygroskopischen Sägespäne und der luftdichte Verschluss verhindern das Verdunsten der Flüssigkeit — Trockenelemente in des Wortes wahrer Bedeutung sind sie indes nicht. —

Zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken verwendbare Inductionsapparate.

Die ersten zu Heilzwecken verwendeten Inductorien waren die **magnetelektrischen oder Rotationsapparate.** Diese Apparate erfreuten sich durch mehr als ein Jahrzehnt allgemeiner und erfolgreicher Verwendung, wurden jedoch in der Folge von den voltaelektrischen Inductionsapparaten fast vollständig verdrängt.

1832 construirte Pixii den ersten zu Heilzwecken verwendeten Rotationsapparat mit fixem Hufeiseninductor, beweglichem Magnet und Collector. 1833 änderte Saxton diese Maschine dahin ab, dass er das magnetische Magazin horizontal und fix aufstellte und den Hufeiseninductor vor den Polen desselben beweglich einrichtete. Fortan blieb der constante Magnet bei allen folgenden Rotationsapparaten fix und wurden dieselben seither zumeist mit einem Commutator versehen, so dass sie gleichgerichtete Ströme gaben. Die Saxton'sche Maschine wurde in der Folge mehrfach modificirt. So z. B. versah Ettingshausen dieselbe mit Spulen aus dickem und dünnem Drahte und einem Commutator. Keil verband diese Maschine mit einem Quecksilbergyrotrop. Der Keil'sche Apparat lieferte auch gleichgerichtete Ströme und wurde mit dem besten Erfolge u. a. von Froriep[1]) benützt. Petřina stellte (1843) den Hufeiseninductor mit seinen Eisenkernen senkrecht zu den Schenkeln des magnetischen Magazines, construirte einen einfachen Metallcommutator, versah die Maschine mit 2 Spulen, so dass man nach Belieben ohne die Inductorrollen (wie beim Ettingshausen'schen Apparat) vorher wechseln zu müssen, bald sogenannte „Quantitäts-", bald „Spannungsströme" erhalten konnte. Stöhrer stellte 1844 die pag. 131 beschriebene und abgebildete, in ärztlichen Kreisen am weitesten verbreitet gewesene Rotationsmaschine her.

Bei allen genannten Rotationsapparaten (mit Ausnahme des Pixiischen) waren die Inductorrollen beweglich. Die Gebrüder Bréton, sodann Duchenne, Dujardin u. A. construirten Apparate, bei denen die Inductorspulen unmittelbar auf die Schenkel des unbeweglichen constanten Magnetes geschoben waren; vor den Polen des magnetischen Magazines wurde nur der hufeisenförmige weiche Eisenkern oder ein flacher Anker (aus weichem Eisen) rotirt. Gaiffe construirte einen Apparat, bei dem ein Hufeiseninductor, auf dessen Schenkeln Inductorspulen aufgesteckt waren, vor den Polen des constanten Magnetes rotirt wurde, dessen Schenkel ebenfalls Inductorrollen trugen.

Palmer und Hall in Boston, Davis und Kidders in New-York etc. construirten einfachere Rotationsapparate ohne Commutator. Diese geben nur Wechselströme. Außer diesen Modificationen der Pixii-Saxton'schen Maschine existiren noch welche von Baumann, Clarke, Dubois-Reymond, Hesse, Hessler, Knight, Lenz, Neewes, Romershausen, Sinsteden u. A.

---

[1]) Dr. Robert Froriep, Beobachtungen über die Heilwirkungen der Elektricität, bei Anwendung des magnetoelektrischen Apparates; I. Heft: Die rheumatische Schwiele, Weimar 1843.

In neuerer Zeit werden Rotationsapparate mit Siemens'schen Cylinder-Inductoren für ärztliche Zwecke hergestellt. Inductionsapparate mit Pacinotti-Gramme'schem Ringinductor für galvanokaustische Zwecke werden in der III. Abtheilung behandelt.

Die Rotationsapparate bieten mancherlei Vortheile; sie liefern jederzeit ohne sonderliche Vorbereitungen einen bei gleichmäßiger Rotation stets gleich intensiven Strom, sie sind dauerhaft, verursachen keinerlei weitere Auslagen für Instandhaltung, gestatten die Verwendung gleichgerichteter oder Wechselströme in beliebig raschen, gut regulirbaren Intermissionen und ermöglichen nicht nur die Stromesintensität zu variiren, sondern gestatten auch (bei Benützung verschiedener Inductorspulen) die Anwendung bald hochgespannter, bald mehr chemisch wirkender Inductionsströme („Intensitäts-" und „Quantitätsströme" nach alter Bezeichnungsweise).

Allein diese Vortheile werden von den Schattenseiten, welche diese Maschinen andererseits haben, aufgewogen und übertroffen. Soll eine Rotationsmaschine all das leisten, was soeben auseinandergesetzt worden, so ist sie kostspielig, complicirt und vollkommen intransportabel. Die portativen Rotationsapparate liefern gewöhnlich keinen ausreichenden Strom, der überdies nur in engen Grenzen und durchaus nicht in hinreichender Weise nach seiner Intensität modificirt werden kann, von der Modification durch Spulenwechsel gar nicht zu reden. Dann erfordern derartige Maschinen einen Gehilfen, dessen Anwesenheit bei Benützung derselben allzumeist überflüssig oder unerwünscht sein dürfte, auch kann dieser nur während kurzer Zeit seine Maschine in regelmäßigem Gange erhalten, wodurch Stromesschwankungen bei halbwegs länger dauernden Benützungen des Rotationsapparates unausbleiblich sind; die Verwendung irgend eines Motors hingegen macht derlei Apparate noch theurer und erhöht jedenfalls auch noch deren Intransportabilität.

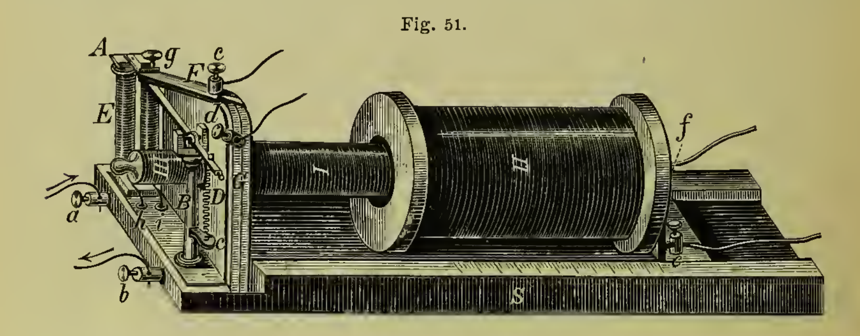
Da der billigste Rotationsapparat durchschnittlich soviel kostet, als der beste **Volta-Inductionsapparat**, da letzterer automatisch wirkt, und sowohl die Variation der Stromesintermissionen, wie auch die Modification der Stromesintensität in den weitesten Grenzen gestattet, in allen Abstufungen transportabel hergestellt werden kann, verdient er auch unbedingt den Vorzug vor den altehrwürdigen Rotationsapparaten. Aus diesen Gründen stehen Magneto-Inductionsmaschinen derzeit auch nur mehr vereinzelt in Gebrauch. Vielleicht gelingt es in der Zukunft, die Mängel dieser Apparate zu heben, wodann sie unzweifelhaft wieder ihren alten Platz einnehmen würden.

Einer der ersten, zu Heilzwecken bestimmten volta-elektrischen Inductionsapparate war der vom Mechaniker Baumann auf Veranlassung des Dr. Güterbock nach den Angaben des Professors Magnus in Berlin gefertigte. Die beiden Inductionsrollen waren fix übereinander gewickelt, der Eisenkern bestand aus losen Eisendrahtstäben, zur Unterbrechung des inducirenden Hauptstromes diente ein Zahnrad. Ganz in derselben Weise war auch der später von Rauch gefertigte Inductionsapparat hergestellt. Um die Unbequemlichkeit der manuell auszuführenden Stromesunterbrechungen zu beseitigen, hat der Prager Mechaniker Spitra über Anregung Dr. Löschner's nach Angabe Professor Hessler's einen Volta-Inductionsapparat aus-

geführt, bei dem die Stromesunterbrechung durch ein Uhrwerk besorgt wurde. Die Inductionsspulen dieses Apparates waren übermäßig groß und schwer. Minder voluminös war der übrigens dem eben erwähnten sonst gleich construirte Apparat der Gebr. Bréton.

Von diesen Apparaten unterscheidet sich wesentlich der Neef-Wagner'sche, bei welchem zuerst von Neef der selbstthätige Unterbrecher (der Wagner'sche Hammer) verwendet wurde. Diesem folgte eine Legion verschiedener mehr oder weniger modificirter Voltainductorien, bei denen die Secundärspule entweder unbeweglich oder über die primäre verschiebbar, der Eisenkern der primären Rolle entweder fix oder beweglich, aus einzelnen Stäben oder einem montirten Drahtbündel besteheud, der Wagner'sche Hammer in den mannigfachsten Abänderungen, bald mit separatem Hammer-Elektromagnet, bald mit Benützung des fixen Eisenkerns der Primärspirale zugleich als Hammerelektromagnet oder aber mit anderen Unterbrechungsvorrichtungen, der ganze Apparat endlich entweder in Verbindung mit einem hydro-elektrischen Elemente oder einer Thermobatterie oder aber ohne die erregende Stromesquelle, mehr oder minder portativ etc. ciugerichtet war. Derlei Modificationen rühren u. a. her von Albert, Baierlacher, Clemens,

Fig. 51.



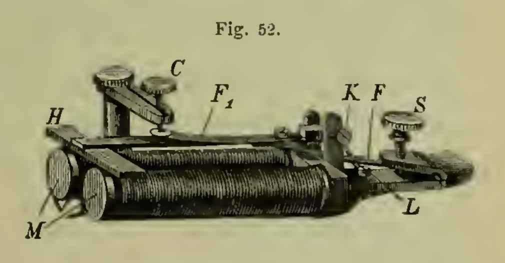
Daukwarth, Desaga, Doerffel, Dubois-Reymond, Duchenne, Dujardin, Ecklin, Gaiffe, Goldberger, Haas, Hassenstein, Heller, Hirschmann, Jentsch, Jurie, Kemp, Klöpfer, Kramer, Krüger, Leiter, Mayer, Meyer, Onimus, Piggot, Reiniger, Ruhmkorff, Schechner, Schmalz, Schneider, Stein, Stöhrer, Sturgeon, Teller, Trouvé, Walchner, Wolf, Wright, Zantedeschi etc.

Der vorzüglichste unter allen ist indes der pag. 51 im Princip bereits besprochene Dubois-Reymond'sche Schlittenmagnetelektromotor, der allen neueren Apparaten zum Muster diente und heutzutage von jedem Mechaniker gefertigt wird. In Fig. 51 ist dieser Apparat in der für elektrodiagnostische und elektrotherapeutische Zwecke am besten geeigneten Ausführung dargestellt. An das horizontale Brett *S*, das die Schlittenbahn für die Secundärspirale bildet, ist das verticale Brettchen *G*, das die Primärspule *I*, die Polklemmen *c* und *d* für den Extracurrent, sowie den Metallbalken *F* mit der Contactschraube *g* für den Hebel des Wagner'schen Hammers trägt, befestigt. In der Schlittenbahn ist die auf einem Holzbrett montirte Secundärspirale *II* beweglich und innerhalb der Primärspirale *I* der aus Eisendrahtbündeln hergestellte und mit Wachsleinwand überzogene Eisenkern verschiebbar. Zur Bestimmung des Rollenabstandes dient der an der Vorder-

seite der Schlittenbahn angebrachte Maßstab. Wird die An. der inducirenden Stromesquelle mit der Polklemme *a* und die Ka. derselben mit der Polklemme *b* in Verbindung gesetzt, so kreist der Strom zunächst von *a* über *h* um die Eisenkerne des Hammerelektromagnetes *E*, tritt bei *i* auf die Unterseite des Stativbrettes, um hier in den Ständer *B* zu gelangen, übergeht durch diesen weiters in den Metallhebel des Wagner'schen Hammers, fließt von da über die Contactschraube *g* und den Metallarm *F* in die Windungen der Primärspirale, nach deren Durchströmung er durch die Klemmschraube *b* zur Stromesquelle zurückkehrt. Der Anfang und das Ende des Drahtes der Pimärspirale stehen auch noch mit den Klemmschrauben *c* und *d* für den Extracurrent in Verbindung. Die Enden des Drahtes der Secundärspirale führen zu den Polklemmen *e* und *f*. Der automatische Unterbrecher besteht aus dem innerhalb des gabelförmigen Endes des Metallständers *B* zwischen Spitzen beweglichen, an seinem Vorderende den Anker *A* aus weichem Eisen tragenden starren Metallhebel und dem kleinen Elektromagnete *E*. Zur Regulirung der Intermissionen dient die Contactschraube *g* und die Spiralfeder *D*, welche mit Hilfe der Schraubenmutter *c* beliebig gespannt oder nachgelassen werden kann. Das Spiel des Wagner'schen Hammers wurde bereits pag. 125 besprochen.

Wird die Spiralfeder *D* gespannt und die Spitze der Contactschraube *g* höher gestellt, so erfolgen die Intermissionen des Wagner'schen Hammers einzeln zählbar; wird hingegen die Spiralfeder *D* relaxirt und die Spitze der Contactschraube *g* tiefer gestellt, so erfolgen die Intermissionen des Wagner'schen Hammers unzählbar rasch aufeinander. Es gestattet somit diese Einrichtung die Regulirung der Schnelligkeit der Stromesunterbrechungen in den weitesten Grenzen. Weil aber die Spiralfeder *D* durch ungeschickte Behandlung leicht ausgedehnt oder abgerissen werden kann, ziehen es die Mechaniker vor, die starre Hebelstange und die Spiralfeder durch eine federnde Metallspange, die an dem einen Ende den Anker aus weichem Eisen trägt, am anderen Ende hingegen an einen Metallständer entweder festgeschraubt oder festgenietet wird, zu ersetzen (vergl. Fig. 24, pag. 124).

Fig. 52.



Die in Fig. 52 dargestellte Leiter'sche Modification des Wagner-schen Hammers übertrifft an Bequemlichkeit und Sicherheit gegen das Verderben, selbst die einfache Metallfeder und gestattet überdies noch die Modification der Stromesunterbrechungen in den weitesten Grenzen, gleichwie die starre Hebelstange, Fig. 51, mit der Spiralfeder. Die Schenkel *M* des Hammerelektromagnetes sind (Raumersparnis halber) horizontal gestellt; der den Anker aus weichem Eisen *H* tragende Metallhebel besteht aus einer starren Hebelstange, die an ihrem hinteren Ende bei *K* zwischen Spitzen sehr leicht beweglich eingerichtet ist. Nach oben trägt dieser einarmige Metallhebel die Contactfeder F_1, welche durch die starke Metallfeder *F* (Hebefeder) gegen die Spitze der Contactschraube *C* gedrückt wird. Die Hebefeder *F* ist mit ihrem hinteren Ende an einem Messingstück befestigt, welches durch ein Charnier mit einer horizontalen Metallplatte verbunden ist, gegen welche es durch die Schraube *S* verstellt werden kann.

Durch das Niederschrauben dieser Stellschraube *S* wird die Hebefeder relaxirt und der Eisenanker *H* den Eisenkernen des Hammerelektromagnetes *M* genähert. In diesem Falle muss auch die Contactschraube *C* tiefer gestellt werden und die Stromesunterbrechungen erfolgen nun sehr rasch aufeinander. Wird jedoch die Contactschraube *C* und die Stellschraube *S* höher gestellt, so erfolgen die Intermissionen des Wagner'schen Hammers langsamer und können auf diese Weise bis auf einzelne Schläge vermindert werden. Die Fortleitung des Stromes von der Hebelstange erfolgt bei *L*.

Die Spitze der Contactschraube ist bei allen besser ausgeführten Inductionsapparaten aus Platin gefertigt und muss unter derselben an der Hebelstange des Wagner'schen Hammers ebenfalls ein nicht allzu dünnes Platinscheibchen aufgelöthet sein, damit infolge der bei der Stromesunterbrechung überspringenden Funken der Contact an dieser Stelle nicht leide. Die kleine Contactfeder F_1, Fig. 52, hat die Aufgabe, den Gang des Wagner'schen Hammers regelmäßig zu erhalten und das Maximum der Inductionswirkung zu ermöglichen. Im Momente des Stromesschlusses werden die Eisenkerne des Hammerelektromagnetes magnetisch und ziehen den Hammer an, hiedurch wird (wenn diese Contactfeder nicht vorhanden ist) der Strom sofort unterbrochen, ehe noch die Eisenkerne dieses kleinen Elektromagnetes das Maximum ihrer magnetischen Wirkung erlangt haben und zu einer kräftigen Anziehung des Hammers fähig sind. Durch die Stromesunterbrechung hört der Magnetismus, mithin auch die Anziehung des Ankers auf und die Hebelstange berührt nun entweder infolge ihrer eigenen Federkraft oder infolge einer Zug- oder Hebefeder neuerdings die Contactspitze und schließt abermals auf eine sehr kurze Zeit den Strom, um ihn jedoch sofort wieder zu unterbrechen. Hiedurch erlangt auch der in der Primärspule steckende Eisenkern (Eisendrahtbündel) nicht das Maximum seiner magnetischen Wirkung und wird somit in weiterer Folge auch dessen Inductionsleistung nicht völlig ausgenützt. Durch die kleine Contactfeder an der Oberseite der Hebelstange jedoch wird der Stromesschluss verlängert, indem diese Feder noch für einige Zeit den Contact mit der Contactschraube herstellt, bis die Eisenkerne des Hammerelektromagnetes das Maximum ihres Magnetismus erreicht haben und nun durch eine kräftige Anziehung des Ankers auch die Entfernung der Contactfeder von der Contactspitze bewirken, wodurch der Strom unterbrochen wird.

Von anderen Modificationen des automatischen Stromesunterbrechers wären nur noch die verschiedentlich ausgeführten Pendelregulatoren zu erwähnen. Der einfachste unter diesen ist der von M. Meyer angegebene Kugelunterbrecher. An den Anker des Wagner'schen Hammers (vergl. pag. 180, Fig. 38, Inductionsapparat) wird ein horizontal verschiebbares, in eine Kugel endigendes Metallstäbchen in der Verlängerung der starren oder federnden Hebelstange befestigt. Verlängert man den Wagner'schen Hammer durch Ausziehen des die Kugel tragenden Metallstabes, so schwingt derselbe bei entsprechender Stellung der Contactschraube langsamer; verkürzt man den Hammer, indem man die Metallkugel in die möglichste Nähe des Ankers bringt, so werden die Intermissionen schneller erfolgen. Ähnliche, wenn auch etwas complicirtere Pendelregulatoren wurden von J. Leiter und J. C. Wolf [1]) in Wien, von E. M. Reiniger in Erlangen etc. gefertigt.

---

[1]) Lewandowski, „Über die Herstellung von Inductorien zu ärztlichen Zwecken", Zeitschrift für Elektrotechnik (Wien, Hartleben), III. Jahrgang, Nr. 10. u. ff.

Zur präcisen Bestimmung der Anzahl der Intermissionen in der Zeiteinheit dienen die Unterbrechungsvorrichtungen mit Uhrwerk, wie z. B. der von Onimus[1]) angegebene. Eine etwas complicirte Einrichtung besitzt die Duchenne'sche Modification des Wagner'schen Hammers.[2])

Vortheilhaft ist es, den Dubois-Reymond'schen Schlittenapparat mit der Stromesquelle und den Elektroden in ein portatives Kästchen zu unterbringen. Von der inducirenden Stromesquelle sollte eigentlich bei der Construction eines zu wissenschaftlichen Untersuchungen geeigneten Inductionsapparates ausgegangen werden, weil zur Erzielung des erreichbar größten Inductionseffectes der innere Widerstand der inducirenden Stromesquelle gleich sein soll dem Widerstande der Primärspirale.

Zur Armirung von Inductionsapparaten können nur Elemente mit geringem inneren Widerstand und möglichst großer elektromotorischer Kraft in Verwendung gezogen werden (beispielsweise Elemente nach Daniell, Smee, Bunsen, Grove, Grenet, Leclanché, dann Chlorsilberelemente und Thermoketten). Zu wissenschaftlichen Untersuchungen sollen nur constante Elemente (Daniell-, Bunsen-, Grove-, Leclanché-, sowie Thermoketten) verwendet werden. Für transportable Inductionsapparate eignen sich besonders Thermoketten und Leclanché-Elemente. Zur Armirung von Inductionsapparaten für Zwecke der Praxis allein, wobei es auf eine wissenschaftliche Verwertung der gemachten Beobachtungen und erzielten Erfolge nicht ankommt, können auch inconstante Elemente nach Smee und Grenet herangezogen werden.

Unter den zahlreichen transportablen Inductionsapparaten für ärztliche Zwecke seien hier nur einige speciell erwähnt — Fig. 53 stellt den großen transportablen Inductionsapparat J. Leiter's für primären und secundären Strom mit beweglichem Eisenkern und verschiebbarer Secundärspule dar.

Das Mahagoniholzkästchen, in welchem der ganze Apparat untergebracht ist, misst 28 *cm* in der Länge, 11 *cm* in der Breite und 17 *cm* in der Höhe. Statt der hier abgebildeten einfachen Unterbrechungsvorrichtung *(H, C, EM, S)* wird dermalen ausschließlich die pag. 207 beschriebene Leiter'sche Modification des Wagner'schen Hammers mit der regulirbaren Hebefeder (Fig. 53) verwendet. Die Polklemmen 1 und 2 dienen für den primären, die Klemmen 3 und 4 für den secundären Inductionsstrom. Das Schubfach dient zur Unterbringung der Rheophoren und Leitungskabel. Die in eine Hartgummihülse gefasste Secundärspirale *Sp*, sowie das an einem Führungsstabe *M* befestigte Eisendrahtbündel besitzt eine Millimetertheilung. Nach Entfernung des Ringes *R* kann der ganze Apparat auseinandergenommen werden.

Als Stromesquelle dienen vier der pag. 105 beschriebenen Leiter'schen Braunsteinelemente mit schlitzwandigen Hartgummidiaphragmen oder 2 doppelt so große gleich construirte; *k* sind die Kohlenpole, *z* die Zinkpole, *l* die verschließbaren Öffnungen der Hartgummidiaphragmen. Zwischen der Batterie und der Holzplatte, auf welcher sich der Wagner'sche Hammer und die Polklemmen befinden, sind die Löcher zum Versorgen der Zinke für den Fall des Nichtgebrauches sichtbar.

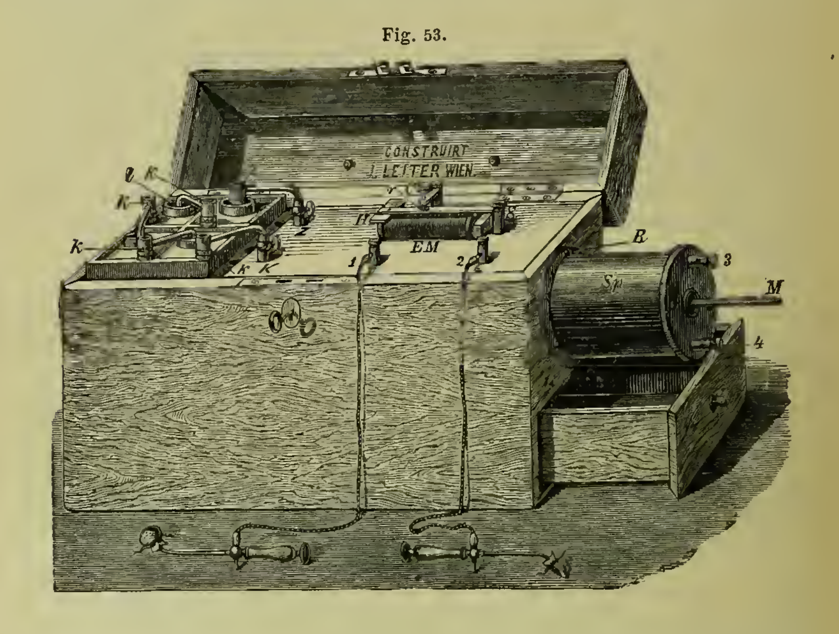
---

[1]) Onimus, Guide pratique d'Electrothérapie, II. édit., pag. 83 und 84.
[2]) Lewandowski, Elektrotechnik in der prakt. Heilkunde, pag. 271.

Außer dem in Fig. 53 abgebildeten großen Inductionsapparate stellt Leiter noch einen mittleren (20 *cm* langen, 9 *cm* breiten und 16 *cm* hohen) und einen kleinen (18 *cm* langen, 9 *cm* breiten und 12 *cm* hohen) her. Hingegen ist Leiter von der Herstellung der sogenannten Taschenapparate wegen ihrer Unverlässlichkeit und häufigen Reparaturbedürftigkeit dermalen gänzlich abgekommen.

In Fig. 54 ist einer der von Mayer und Wolf in Wien zusammengestellten transportablen Dubois-Reymond'schen Schlittenapparate dargestellt, der sammt dem Elemente, der Flasche für Reserveflüssigkeit, den Rheophoren und Leitungsschnüren in einem 22 *cm* langen, 16 *cm* breiten und 18 *cm* hohen, mit einer Handhabe zum bequemen Tragen versehenen Mahagoniholzkästchen untergebracht ist. Das hier zur Anwendung kommende Element ist ein Grenet'sches Zink-Kohle-Kaliumbichromatlösungs-Element. Die Elementzelle ist aus Hartgummi gefertigt und bis auf eine, durch einen

Fig. 53.



Gummistöpsel luftdicht verschließbare Öffnung vollkommen hermetisch geschlossen. Diese Öffnung dient zur Eintragung des Zinkstabes für den Gebrauchsfall. Derselbe wird nach Entfernung des Stöpsels in die Zelle versenkt und in der Gabelklemme fixirt. Soll der Apparat in Thätigkeit versetzt werden, so wird ein horizontal bewegliches metallenes Verbindungsstück mit der Klemme des Kohlenstabes verbunden. Die Ableitung der Inductionsströme geschieht durch zwei mit den Leitungskabeln in Contact gesetzten Klemmen. Soll der primäre Inductionsstrom verwendet werden, so wird ein Metallstöpsel in das Loch P und bei Benützung des secundären Inductionsstromes in das Loch S der Stöpselklemmen-Vorrichtung gesteckt. Zur Unterbringung der Elektroden und Leitungsschnüre dient das Schubfach.

In der Sucht nach einer bis in das Extreme gehenden Compendiosität wurden von verschiedenen Ärzten und Mechanikern sogenannte Taschenapparate angegeben und zusammengestellt (Gaiffe, Trouvé, Stein u. A.).

Derlei Apparate — zumeist mehr einer Spielerei als einem zu Heilzwecken bestimmten Geräth ähnlich sehend — sind in ihrem Effecte unzuverlässig; das inducirende Element kann selbstverständlich nur klein sein, die Spulen sind nicht verschiebbar, sondern fix übereinander gewickelt, der Draht derselben übermäßig dünn, infolge dessen die gelieferten Inductionsströme sehr schmerzhaft, der Widerstand der Primärspirale gegen den inneren Widerstand des inducirenden Elementes gewöhnlich viel zu groß, bei dem allen die ganze Einrichtung complicirt und oft völlig uncontrolirbar, die Stromesintensität nur mangelhaft, die Intermission des Unterbrechers häufig gar nicht modificirbar etc. Dabei erfordern derlei Apparate häufige Reparaturen, aus welchem Grunde sie für den praktischen Arzt nicht empfehlenswert, hingegen zu allen Untersuchungen und therapeutischen Anwendungen,

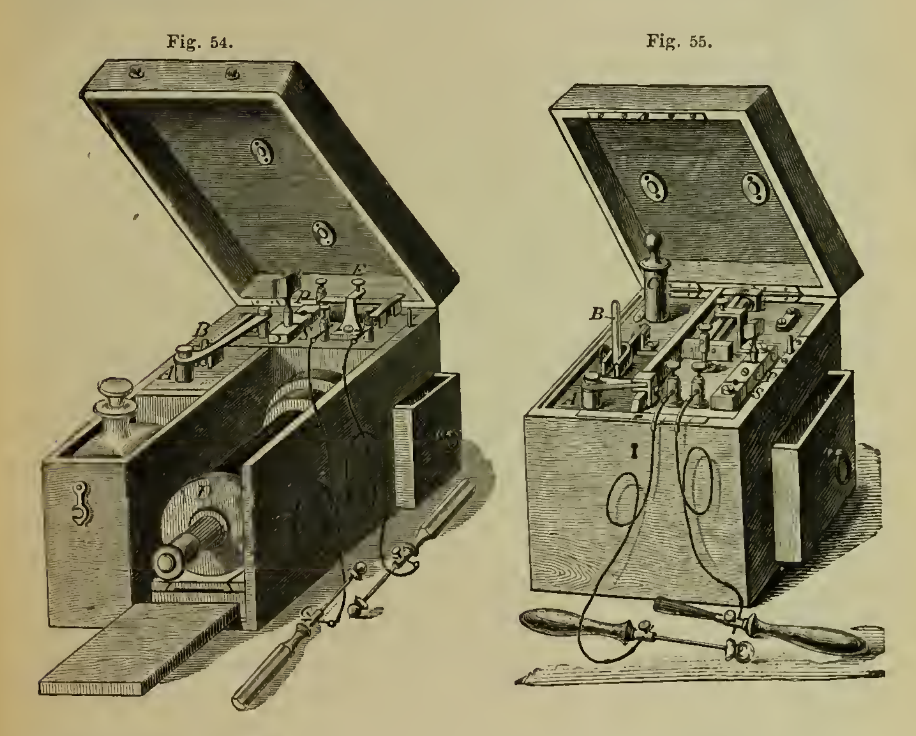


Fig. 54. Fig. 55.

die einer wissenschaftlichen Behandlung unterzogen werden sollen, völlig unbrauchbar sind.

Als äußerste Grenze der zulässigen Verkleinerung der für praktische Zwecke verwendbaren Inductionsapparate sollte der ziemlich weit verbreitete Spamer'sche Inductionsapparat (Fig. 55) angesehen werden. Derselbe ist sammt allem Zubehör in einem 12 *cm* langen und ebenso breiten und hohen polirten Holzkästchen untergebracht. Das luftdicht verschließbare Grenet'sche Element, dessen Verbindung mit dem Inductionsapparate und die Stöpselvorrichtung zur Ableitung des primären und secundären Inductionsstromes von denselben Polklemmen hat dieser Apparat mit dem Fig. 54 abgebildeten Mayer-Wolf'schen transportablen Schlittenapparate gemein. *B* ist der in der Gabelklemme fixirte Zinkstab, *A* der Kohlenstab. Die Primär- und Secundärrolle sind unbeweglich miteinander verbunden, die Regulirung der

Stromstärke geschieht nur durch Verschiebung des beweglichen Eisenkernes C. Das Schubfach dient zur Unterbringung der Leitungsschnüre und Elektroden. Soll der Apparat zum Transporte eingerichtet werden, so wird vorerst die Schraube an der Gabelklemme gelüftet, der Zinkstab herausgenommen gereinigt und versorgt, die Gabelklemme umgelegt und die Öffnung der Elementzellen mittels des Stöpsels geschlossen.

Ein zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken verwendbarer Inductionsapparat soll demnach eine verschiebbare Secundärspirale, ausziehbaren Eisenkern (aus wohl ausgeglühten und an ihrer Oberfläche lackirten Holzkohlen - Stabeisen - Drahtstücken), einen selbstthätigen Stromesunterbrecher, der die Regulirung der Stromesintermissionen gestattet, sowie eine entsprechende Stromesquelle besitzen. Die Schlittenbahn, sowie die Fassung des Eisenkernes sollen Millimeterscalen tragen, um in jedem Falle den Rollenabstand, sowie den in der Primärrolle befindlichen Theil des Eisenkernes genau angeben zu können. Der Draht der Secundärspirale soll nicht zu dünn und Ableitungen sowohl von den Enden dieses, wie auch von denen des Drahtes der primären Spirale vorhanden sein.

Die große Mannigfaltigkeit der Ausführungen, die dieser Apparat seitens der Mechaniker erfahren hat (einige derselben fertigen mehr als ein Dutzend verschiedener Volta-elektrischer Inductorien in diversen Dimensionen an), machen es indes trotz genauer Angaben der Stromstärke der inducirenden Stromesquelle und der Rollenabstände complet unmöglich, die Erfahrungen des Einen mit denen eines Anderen zu vergleichen, diese oder jene Angaben controliren, die Intensität der zu verwendenden Inductionsströme dosiren oder die der benützten präcise angeben zu können, wie dies bei Verwendung continuirlicher Ströme mit Hilfe eines zweckentsprechenden Galvanometers durchführbar ist. Ja, wäre selbst die Intensität der Inductionsströme galvanometrisch messbar, so würde dies bei der Verwendung derselben zu Heilzwecken nichts nützen, da bekanntlich die physiologische und magnetische Wirkung derselben durchaus nicht einander entsprechen, im Gegentheil sehr oft äußerst schmerzhafte Inductionsströme fast keinen Einfluss auf die Magnetnadel zeigen und andererseits wieder Inductionsströme, die eine starke Ablenkung der Magnetnadel herbeiführen, gar nicht empfunden werden.

Der internationale Congress der Elektriker in Paris hat in der Gesammtsitzung des Congresses am 28. September 1881 den Beschluss gefasst, „dass zur Bestimmung der in der Elektrotherapie angewendeten Inductionsströme die einfache Angabe des Rollenabstandes am Dubois-Reymond'schen Schlittenapparat genüge, vorausgesetzt, dass man sich bei der Anfertigung dieser Inductorien eines Apparates als Muster bedient, dessen Dimensionen ein für allemal festgesetzt sind, und dass man im primären Stromkreise immer eine und dieselbe Kette (z. B. ein Daniell'sches Element) wirken lasse. Die Commission empfiehlt für Schlitteninductorien als Muster die im physiologischen Laboratorium der Universität Berlin langjährig gebräuchliche Form.“ In der That können nur

unter Anwendung eines solchen Normalapparates die mit Hilfe der Inductionselektricität gewonnenen Resultate verglichen und controlirt — somit wissenschaftlich verwertet werden. Diese Normalapparate werden von der Firma Krüger in Berlin in folgenden Dimensionen ausgeführt:

	Der Primärspirale	Der Secundärspirale
Spulenlänge (bloß die Drahtwindungen ohne Holz) .	88 *mm*	65 *mm*
Spulendurchmesser	36 *mm*	68 *mm*
Drahtdurchmesser	1 *mm*	0·25 *mm*
Windungszahl	300	5000
Drahtlagen	4	28
Widerstand	circa 1·5 S. E.	circa 300 S. E.

Da die Dimensionen der meisten Schlittenapparate von den angegebenen nur unbedeutend differiren, so wird es den Erzeugern von Inductorien zu ärztlichen Zwecken nicht schwer fallen, unter ihren vielfältigen Sorten von Inductionsapparaten auch einen Normalapparat zu führen. Auch genügt ein nach obigen Dimensionen ausgeführter Apparat vollkommen allen wissenschaftlichen, diagnostischen und therapeutischen Anforderungen und kann ganz bequem transportabel eingerichtet werden.

Als Stromesquelle für stabile Apparate empfiehlt sich ein Daniell-Element von solchen Dimensionen, dass der innere Widerstand desselben annähernd 1·5 S. E. beträgt; für transportable Apparate hingegen ist ein Wolf'sches „Trockenelement", ein Leclanché-Element entsprechender Einrichtung oder eine Thermosäule (deren innerer Widerstand 1·5 S. E. gleichkommt), vorzuziehen.

Die Beschlüsse des internationalen Congresses der Elektriker zu Paris aus dem Jahre 1881 haben allgemeine und anstandslose Anerkennung gefunden — und werden jetzt allenthalben die vom Congresse angegebenen Maßeinheiten benutzt und als legale Maßeinheiten angesehen. Die allgemeine Einführung eines Normalapparates hängt nur von den Ärzten ab und ergibt sich ganz von selbst, wenn dieselben fortan keine anderen Inductorien als nach obigen Dimensionen gefertigte, kaufen.

Rheophoren.

Zur Application der Elektricität an den menschlichen Körper dienen die verschiedentlichen Rheophoren, auch Elektroden, Conductoren, Excitatoren, Endpole, Polenden oder kurzweg auch nur Pole genannt. Dieselben sind aus verschiedentlichen Materialien gefertigt und besitzen, je nach den Körperstellen, für welche sie verwendet werden sollen, mannigfache Gestalten. Mitunter sind sie noch mit besonderen Einrichtungen zum Schließen, Unterbrechen und Wenden des Stromes oder aber mit Widerstandssätzen ausgestattet (Stromschließungs-. Stromunterbrechungs-, Stromwende- und Rheostatelektroden).

Die **gewöhnlichen Elektroden** (Fig. 56) bestehen aus einem entsprechenden Handgriff *H* aus isolirendem Material, der an seinem oberen Ende die Metallfassung *M* trägt, welche mittels des Verbindungsstabes *V* mit dem Applicationsende *P* leitend verbunden ist.

Der Handgriff *H*, auch Elektrodengriff oder Elektrodenhalter genannt, besteht zumeist aus Holz oder Hartgummi, kann jedoch auch aus jedem anderen isolirenden Material (Glas, Elfenbein, Celluloid etc.) hergestellt werden. Er ist entweder spindelförmig oder cylindrisch oder kantig oder an seiner Oberfläche gerieft. Er soll leicht, bequem und sicher zu halten und leicht zu handhaben sein. Seine Größe hängt von der Beschaffenheit des Applicationsendes ab. Die Metallfassung *M* soll dem Handgriffe fest aufsitzen; sie trägt entweder die Klemmschraube für den Leitungsdraht des Batteriepoles, oder aber es geht von ihr ein Metallstab durch den ganzen Griff, der am unteren Ende entweder als Ausleitungsstift hervorragt oder daselbst eine Polklemme trägt. In die Metall-

Fig. 56.

Fig. 57.

Fig. 58.

Fig. 59.

Fig. 60.

fassung wird der Verbindungsstab *V* eingeschraubt. Dieser ist entweder gerade oder an seinem oberen Ende abgebogen. Gewöhnlich verwendet man für beide Elektroden einen geraden (für den positiven Pol) und einen abgebogenen (für den negativen Pol). [1]) Der Verbindungsstab soll des ferneren entsprechend stark und jedenfalls weder biegsam, noch federnd sein. Das Applicationsende *P*, welches wohl auch Polende genannt werden könnte, ist verschiedentlich gestaltet, nämlich kugel-, kegel-, plattenförmig etc.; es besteht entweder aus Metall oder aus Kohle und wird entweder blank (als trockene Elektrode) oder mit einer Schwammkappe und Leinwand überzogen, die vor der Benützung mit lauwarmem Wasser durchtränkt wird (als feuchte Elektrode), benützt.

[1]) Der gerade Verbindungsstab wird für den positiven Pol (Kupfer- oder Kohlenpol), der durch das Symbol C (Cuprum oder Carbo) und der abgebogene für den negativen Pol (Zinkpol), der durch das Symbol Z (somit durch einen eckigen Buchstaben) bezeichnet werden kann, der leichteren Orientirung wegen, nur aus rein mnemotechnischen Rücksichten gewählt.

Die Plattenelektroden haben entweder kreisrunde (Fig. 57) oder rechteckige (Fig. 58), mitunter auch ovale Applicationsflächen. Die Kohlenelektroden (Fig. 59) haben in Metall gefasste und unmittelbar dem Handgriff aufsitzende Applicationsenden aus Gaskohle, gewöhnlich von knopfförmiger, kugelförmiger oder conischer Gestalt.

Zur Application der Inductionsströme auf die Haut dient außer den angeführten Elektroden auch noch der Duchenne'sche Metallpinsel (Fig. 60), der aus einem Handgriffe mit durchgehendem Verbindungsstabe besteht und am unteren Ende die Polklemme, am oberen hingegen einen, in eine Metallhülse gefassten Drahtpinsel aus Messing- oder vernickelten oder versilberten Kupferdrähten trägt.

Das Applicationsende muss mit der Polklemme stets in leitender Verbindung stehen, da hier sonst leicht Stromeshindernisse eintreten. Die Polklemme soll präcise gearbeitet sein und das sichere Einklemmen sowohl dicker, wie auch dünner Drähte gestatten.

Von Polenden (Applicationsenden) muss jeder Arzt eine reiche Auswahl in verschiedenen Größen besitzen. Vortheilhaft ist es, wenn der Flächeninhalt des mit Schwammkappe und Leinwand überzogenen Applicationsendes gleich an der freien, nicht überzogenen Fläche angegeben ist, weil es bei der Dosirung der anzuwendenden Stromesintensität hauptsächlich auf die Stromdichte, das ist den Quotient aus der in M. A. ausgedrückten Stromstärke und dem in *cm*² ausgedrückten Flächeninhalte des Applicationsendes der Elektrode ($D = \frac{I}{Q}$) ankommt. Als wirksame Applicationsfläche (die hier alleinig in betracht kommt) ist jener Theil der Oberfläche des Polendes anzusehen, der beim mäßigen Aufdrücken desselben auf die Haut, letztere noch innig berührt.

Die mit Schwammkappen versehenen Kugelelektroden sollen womöglich in drei Größen vorräthig gehalten werden, nämlich mit 1, 2 und 3 *cm* Durchmesser des vollkommen zum Gebrauche adjustirten Applicationsendes. Die Plattenelektroden sollen ebenfalls in verschiedenen Formen und Größen mit runden, ovalen, quadratischen oder rechteckigen Applicationsflächen, in letzterem Falle mit kurzen oder schmalen und langen Platten vorhanden sein.

Das Polende muss, wofern es aus Metall gefertigt ist, an der Oberfläche vergoldet oder vernickelt oder wenigstens verzinnt sein, weil sonst infolge der Einwirkung des Stromes die Oberfläche des Applicationsendes angegriffen wird und die löslichen (blauen und grünen) Metallverbindungen die Schwammkappe durchsetzen, wodurch die Elektrode bald ein unsauberes Aussehen bekommt. Abgesehen hievon, verursachen diese Ablagerungen auf der Oberfläche der Polenden erhebliche Stromeshindernisse und können selbst vollständige Stromesunterbrechung herbeiführen. Um dies zu verhindern, benützt man

Fig. 61.

Unoxydirbare Elektroden. Diese besitzen zumeist Kohlenendpole (von Prof. Eulenburg besonders empfohlen), die in verschiedenen Formen und Größen hergestellt werden können. Reiniger in Erlangen fertigt zu diesem Zwecke Kohlen-

kissen, die aus Kohlenpulver bestehen, das in mehrere Leinwandlagen gehüllt ist. In das Innere des Kohlenkissens (Fig. 61) ragt ein Platindraht, der an einem 2 *mm* dicken Kupferdraht gelöthet ist, an dessen freiem Ende sich die Polklemme befindet. Da jedoch dieses Kissen vor dem Anwenden durchfeuchtet werden muss, steht zu befürchten, dass die Kohlentheilchen durch die Umhüllungen herausgepresst werden könnten, die dann die Applicationsstelle schwarz machen würden. Hirschmann stellte unoxydirbare Elektroden aus Hartgummiplatten her, auf deren Oberfläche ein radien- oder spiralförmig angeordneter Platindraht in rinnenförmigen Vertiefungen eingelagert ist, dessen freie Enden an eine, an der Unterseite dieser Platte befindliche Schraubenmutter (für den Verbindungsstab) gelöthet sind. Die Hartgummischeibe wird mit Flanell oder Schwammkappe und Leinwand überzogen. Für manche Zwecke, z. B. bei der Application im Munde etc., werden mitunter Applicationsenden aus Edelmetall verwendet.

Bei der Application der Elektricität an die Körperoberfläche findet in den vom Strome durchflossenen Körpertheilen Elektrolyse statt und werden die alkalischen Bestandtheile der zersetzten Gewebsflüssigkeiten an der negativen, die saueren an der positiven Elektrode ausgeschieden und daselbst zurückgehalten. Diese Zersetzungsproducte (zumal am negativen Pol) wirken ätzend und zerstörend auf die Haut und verursachen mitunter ziemlich unangenehme Schorfe mit consecutiver Narbenbildung. Um diese unerwünschte Nebenwirkung des Stromes zu verhindern, verwendet man sogenannte

Unpolarisirbare Elektroden, d. h. Elektroden, deren Applicationsenden aus porösen, mit Flüssigkeiten durchsetzten Substanzen bestehen. Die Zersetzungsproducte der Gewebsflüssigkeiten werden bei Anwendung solcher Elektroden durch den Strom selbst in das Innere der Elektrode weiter befördert (elektrische Osmose) und nicht an der Oberfläche der Haut zurückgehalten. Derlei unpolarisirbare Elektroden wurden zuerst von Dubois-Reymond zu physiologischen Zwecken benützt und von Hitzig für Zwecke der Elektrotherapie adaptirt.

Fig. 62.



Die in vielen Lehrbüchern der Elektrotherapie beschriebenen[1]) ursprünglichen Hitzig'schen Elektroden bestanden aus einem Zinkcylinder, der an dem einen Ende trichterförmig erweitert und offen, am anderen Ende hingegen verschlossen war; dieser Zinkcylinder ward von einem Hartgummicylinder gleicher Form umgeben, mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt und das vordere trichterförmige Ende desselben mit einem mit Zinksulfatlösung angerührten, ringsum von Leinwand eingehüllten Thonpfropf geschlossen. Über diesen Verschluss wurde abermals eine trichterförmig erweiterte, beiderseits offene Röhre aus Hartgummi geschoben und mit einem, von 2% Kochsalzlösung durchtränkten Pfropf aus Papiermaché gefüllt, über diesen sodann abermals eine Leinwandlage gespannt und am Rande des Trichters mittels Bindfaden festgehalten.

Fig. 62 stellt eine einfachere, von Reiniger in Erlangen gefertigte unpolarisirbare Elektrode dar: ein Elektrodengriff mit Polklemme

---

[1]) Von mir im XVIII. Bande von Hartleben's elektrotechnischer Bibliothek, pag. 177 und 178, besprochen und abgebildet.

trägt eine abschraubbare Glasglocke, in welche ein Zinkstab, der mit der Fassung des Elektrodengriffes in leitender Verbindung steht, hineinragt. Diese Glasglocke wird mit Zinkvitriollösung gefüllt und mittels eines Thon- oder Papiermachépfropfes, der sich innerhalb zweier Leinwandlagen befindet, geschlossen. Die Neufüllung der Glasglocke geschieht entweder nach Entfernung dieses Verschlusses oder nach Abschrauben der Glasglocke vom Elektrodengriffe.

Stöhrer hat eine ähnliche Elektrode hergestellt, bei der das Applicationsende aus leicht gebranntem Thon besteht, der die Öffnung der Glasglocke in der vorhin angegebenen Weise verschließt.

Professor v. Ziemssen hat die einfachste Form unpolarisirbarer Elektroden angegeben; dieselben bestehen aus 12—15 *cm* langen und 2 *cm* weiten Glasröhrchen, welche mit Zinksulfatlösung erfüllt und von einer Seite mittels eines Kautschukstöpsels, von der anderen Seite mittels eines Pfropfes aus Papiermaché abgeschlossen werden. Durch den Kautschukstöpsel wird ein bis an den Pfropf aus Papiermaché reichender, wohl amalgamirter Zinkstab, der an seinem freien Ende eine Polklemme trägt, geschoben.

Der internationale Congress der Elektriker zu Paris hat im Herbst 1881 den Ärzten die ausschließliche Verwendung von unpolarisirbaren Elektroden empfohlen, die in einer der angegebenen Weisen in beliebigen Dimensionen der Applicationsenden leicht hergestellt werden können. Diese Elektroden müssen jedesmal zum Gebrauche frisch adjustirt werden, was eine kaum nennenswerte Mühe verursacht. Zu wissenschaftlichen Untersuchungen, sodann bei sehr empfindlicher Haut, endlich bei Application des Stromes im Gesichte sollten durchgehends nur unpolarisirbare Elektroden verwendet werden.

Zur directen Application der Elektricität in den zugänglichen Leibeshöhlen, als in der Mundhöhle, im Gehörgange, in der Rachenhöhle und im Kehlkopfe, in der Speiseröhre und im Magen, in der Harnröhre und Harnblase, im Mastdarme, in der Vagina und im Uterus etc. dienen je nach der Localität geformte Elektroden, die bis auf das Applicationsende wohl isolirt sind. Das Applicationsende wird zumeist metallisch blank (vergoldet oder wenigstens vernickelt) und fast nie mit Flanell-, Schwamm- oder Leinenüberzug verwendet. Solche Elektroden werden entweder nur für einen Pol oder aber für beide Pole als Doppelelektroden benützt.

Die Elektroden für die leicht zugänglichen Körperhöhlen, nämlich die Mundhöhle, den Gehörgang, die Vagina, die Vaginalportion des Uterus und den After sind kürzer als die für die tiefergelegenen Körperhöhlen, z. B. den Kehlkopf, die Speiseröhre, den Magen, die Uterinhöhle, die Harnblase etc.

Die Mundelektrode (Fig. 63) besteht aus einem isolirten, biegsamen Metallstäbchen, das unten die Polklemme, oben das blanke kugel- oder olivenförmige Applicationsende trägt.

Die Nasenelektrode ist dieser ähnlich, ihr Applicationsende jedoch gewöhnlich flach; für gewisse Fälle lässt sich auch die löffelförmige Elektrode (Fig. 69) oder die Kehlkopfelektrode (Fig. 73) oder der Blasenexcitator (Fig 74) auch als Nasenelektrode benützen. Die Nasenelektrode Dr. Bosworth's aus New-York besteht aus einem, in eine dünne Elfenbeinplatte eingelegten Silberplättchen als Applicationsende, das durch einen biegsamen

isolirten Metallstab mit der Polklemme nach Art der Mundhöhlenelektrode verbunden ist.

Die *Ohrelektrode* (Fig. 64) besteht aus einem Elektrodengriffe mit Polklemme, der an kurzem Verbindungsstabe einen federnden Ring zur Fixation eines entsprechenden Hartgummi-Ohrtrichters und einen mit der Polklemme in leitender Verbindung stehenden, winkelig abgebogenen, in den Ohrtrichter hineinragenden Platindraht besitzt; dieser kann durch Druck auf den Hebel beliebig verstellt werden. Bei Verwendung dieser Elektrode muss der Patient den Kopf stark zur Seite wenden, so dass der Ohrtrichter vertical in den äußeren Gehörgang eingebracht werden kann; derselbe wird sodann mit lauwarmem Wasser erfüllt, welches das eigentliche Polende bildet. Da diese Stellung des Kopfes sehr unbequem ist, hat Dr. *Weber-Liel* eine Elektrode für den äußeren Gehörgang (Fig. 65) angegeben, die bei normaler Kopfstellung benützt werden kann. Dieselbe besteht aus einem

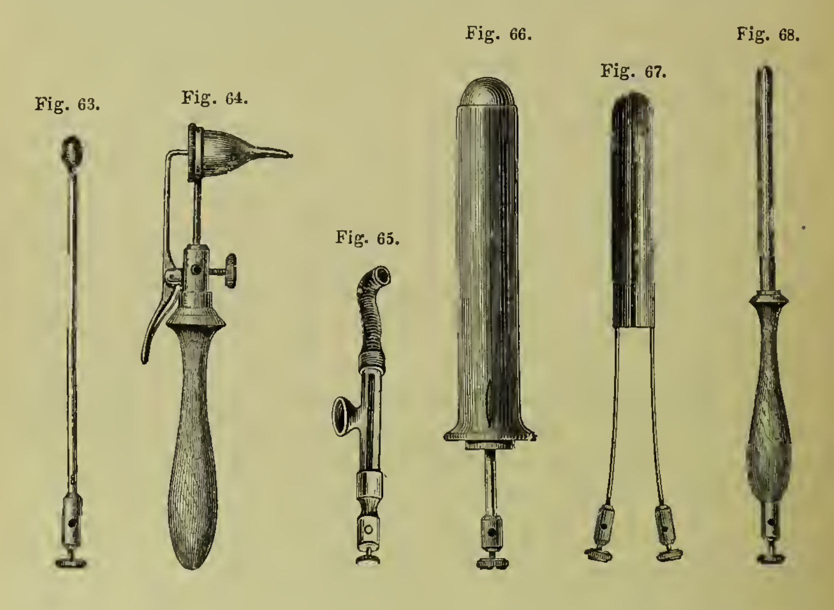


Fig. 63. Fig. 64. Fig. 65. Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68.

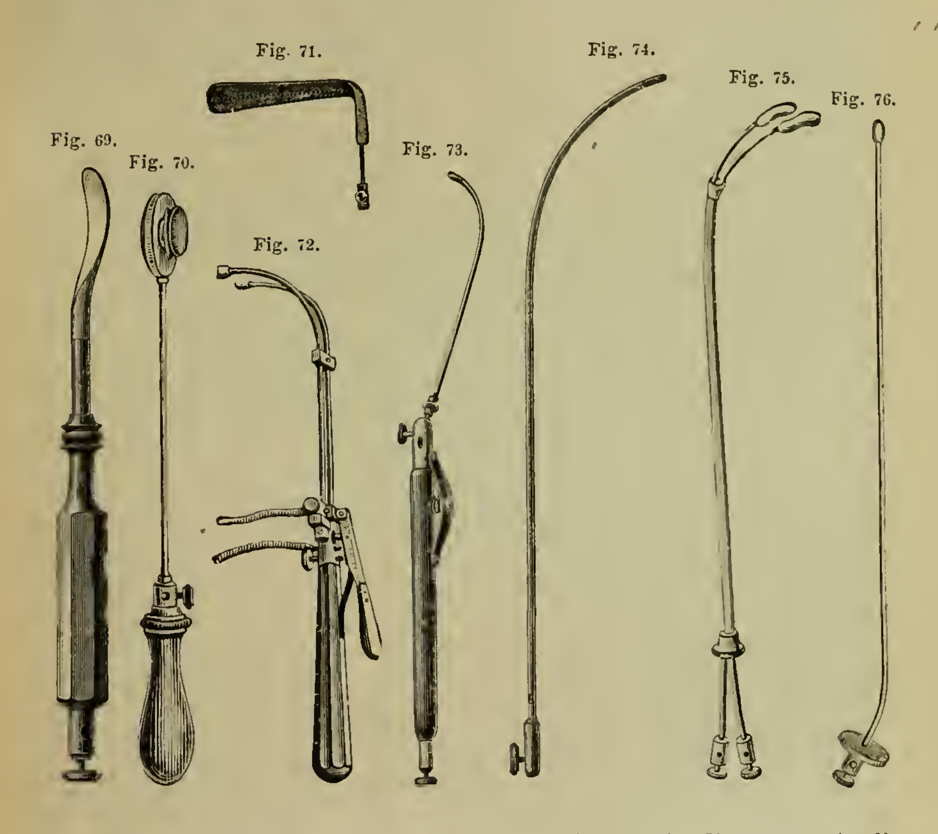
kurzen Glas- oder Hartgummirohre, an welches unten ein Gummischlauch angesteckt wird, während die obere Mündung desselben mittels einer, eine Polklemme tragenden Metallfassung verschlossen ist; von dieser ragt ein Platindraht bis in den Kautschukschlauch. Das Glas- oder Hartgummirohr besitzt eine seitliche Öffnung zum Eingießen des lauwarmen Wassers.

Die Elektrode für die Vaginalportion des Uterus (Fig. 66) besteht aus einem metallenen Mandrin eines Milchglas-Speculums; das obere, hervorragende (Applications-) Ende ist blank, das untere Ende trägt die Polklemme. Nach Einführung des Milchglas-Speculums wird dieser Mandrin in dasselbe geschoben bis sein Applicationsende die Vaginalportion berührt.

Zur intrauterinen Elektrisation dienen Elektroden nach Art des Blasenexcitators (Fig. 74) oder sogenannte *Elevationselektroden*. Dieselben bestehen aus einem beliebigen (z. B. *Elliot*'schen) Elevator, welcher bis auf eine metallene Contactfläche an seinem vorderen

(beziehungsweise inneren) Ende mit einer isolirenden Schicht überzogen ist und am Handgriff eine mit der Applicationsfläche in leitender Verbindung befindliche Polklemme besitzt.

Die Afterelektrode besteht aus einem geraden oder leicht gekrümmten, bis daumendicken, entweder seiner ganzen Länge nach oder bloß an seiner Spitze blanken Metallstabe (Fig. 68) an einem, mit einer Polklemme versehenen Handgriffe. Zur gleichzeitigen Application beider Pole stehen auch noch Doppelelektroden (nach Tripier), Fig. 67, in Verwendung, an denen die beiden durch eine isolirende Scheidewand von einander getrennten Polenden einen nach vorne abgerundeten Metallcylinder formiren.



Die löffelförmige Elektrode (Fig. 69) dient zur Application der Elektricität an den Lippen, im Munde, am Zahnfleisch, im Pharynx, in der Nase etc.

Die Kehlkopfelektrode besteht gewöhnlich aus einem langen, bis auf die Spitze isolirten Metallstabe an einem entsprechenden Handgriffe. Dieser Metallstab ist entweder biegsam oder zum Verstellen eingerichtet, wie z. B. an der mit einem federnden Contacttaster versehenen Elektrode nach Dr. Fritsche (Fig. 73). Zur kräftigen Anregung der Nerven und Muskeln werden Doppelelektroden nach Morell Mackenzie und Duchenne (Fig. 75, die auch als Blasendoppelelektroden verwendbar sind) benützt. Sie bestehen aus zwei, von einander isolirte kleine Metallplatten

(als Applicationsenden) tragenden, federnden Metalldrähten, die in einer isolirenden Röhre verschiebbar sind. Werden diese Drähte in die Röhre zurückgezogen, so berühren die beiden Polenden einander metallisch und schließen den Strom kurz, so dass die Elektrode eingeführt werden kann, ohne die umliegenden Gewebe zu reizen. An der Applicationsstelle werden sodann die Metalldrähte vorgeschoben und entfernen durch ihre Federkraft die beiden Metallplättchen, so dass der Strom gezwungen ist, durch die zwischen diesen eingeschaltete Schleimhautpartie seinen Weg zu nehmen. Diese Anordnung gestattet indes keinen Druck an der Applicationsstelle auszuüben; auch werden häufig die beiden Polenden durch die Energie der gereizten Constrictoren gegeneinander gepresst und so der Strom kurz geschlossen. Um diesen Zufällen zu begegnen, hat Prof. Dr. v. Ziemssen eine Doppelelektrode (Fig. 72) angegeben, die an einem entsprechenden Handgriff zwei starke, in olivenförmige blanke Applicationsenden ausgehende, sonst wohlisolirte Metallstäbe trägt, die durch einen Hebel verstellt werden können.

Fig. 70 stellt eine Elektrode mit langem isolirten Verbindungsstab nach Dr. Runge zum Einführen unter die Kleider und Fig. 71 eine Nackenelektrode mit einer Applicationsfläche von 60 cm^2 dar. Die Polenden dieser beiden werden mit Flanell oder Badeschwamm und Leinwand überzogen und als feuchte Elektroden verwendet.

Die Magenelektrode (Fig. 76) besteht aus einem langen biegsamen metallenen Mandrin einer Schlundsonde mit olivenförmigem Knopfe am oberen (beziehungsweise inneren), und einer Ausleitungspolklemme am unteren (beziehungsweise äußeren) Ende. Diese Elektrode kann auch zur Elektrisation der Speiseröhre verwendet werden. Indessen stehen für diese Zwecke auch noch Doppelelektroden (nach Tripier) in Verwendung, die aus einer biegsamen Schlundsonde bestehen, in der zwei von einander isolirte Drähte verlaufen, deren Enden einerseits mit Polklemmen, anderseits mit zwei durch eine Elfenbein-, Hartgummi- oder Celluloidschicht von einander isolirte und zu einem die Sonde vorn abschließenden, wohl abgerundeten Knopfe vereinigten Metallstücken verbunden sind.

Der Blasenexcitator (Fig. 74) besteht aus einem elastischen Katheter, innerhalb dessen ein Metalldraht als Mandrin verläuft, der vorne mit dem knopfförmigen Applicationsende und an der Kathetermündung mit einer Polklemme verbunden ist. Das Applicationsende soll an diesen Draht gelöthet und nicht einfach angeschraubt sein, weil im letzteren Falle durch den öfteren Gebrauch und die nachfolgende Reinigung dieses Rheophors leicht das Applicationsende gelockert werden und möglicherweise während der Verwendung in der Harnblase oder Harnröhre zurückbleiben könnte. Diese Harnröhren- und Blasenelektroden werden den Katheternummern entsprechend in verschiedenen Stärken gefertigt. Zur gleichzeitigen Benützung beider Pole steht die bereits pag. 219 beschriebene Duchenne'sche Doppelelektrode (Fig. 75) in Verwendung.

Die hier angeführten Elektroden für bestimmte Körperregionen konnten schon aus Raummangel durchaus nicht erschöpfend behandelt werden, sondern sollen dieselben vielmehr nur als Beispiele und Muster für derartige Rheophoren dienen, die je nach Bedarf beliebig modificirt und dem Zwecke entsprechend adaptirt werden müssen. Für die in tieferen Körperhöhlen zu verwendenden, zumeist

sondenförmigen Excitatoren empfiehlt sich die Wahl von Hartgummi oder Celluloid zur Herstellung des isolirenden Überzuges, weil diese Materialien durch Wärme erweicht werden können, wonach man der Elektrode durch Biegung jede beliebige Gestalt geben kann.

Wie bereits erwähnt, werden mit den Elektroden mitunter **Vorrichtungen zur Schließung, Unterbrechung und Wendung des Stromes oder zur Einschaltung von Widerständen** vereinigt. Derlei Elektroden werden in verschiedentlicher Ausführung hergestellt. Als Vertreter dieser Elektrodenarten sei je eine der bekanntesten hier kurz besprochen.

Die Unterbrechungselektrode nach M. Meyer (Fig. 77) besteht aus einer gewöhnlichen Elektrode, deren Metallfassung (die sonst die Verbindung zwischen der Polklemme und dem Applicationsende herstellt) aus 2 Theilen besteht, die durch eine Hartgummischeibe getrennt sind. Die metallische Verbindung dieser beiden Theile der Metallfassung (deren einer die Polklemme, der andere das Applicationsende trägt) wird durch einen Metallhebel bewerkstelligt und der innige Contact durch eine starke Metallfeder, sowie durch Platinüberzug des vorderen Hebelendes und des Berührungspunktes am oberen Theile der Metallfassung gesichert. [1]

Dr. Arnold's Stromwendeelektrode (Fig. 78) besteht aus einem Elektrodenhalter, der in seinem Inneren die Commutationsvorrichtung und an seinem vorderen Ende ein beliebig geformtes Applicationsende trägt. An das untere Ende des Handgriffes dieser Elektrode treten drei Leitungsschnüre FKZ heran, von denen F mit der zweiten Elektrode (einem beliebigen gewöhnlichen Excitator), K mit der An. und Z mit der Ka. der Batterie in Verbindung steht. Im oberen Drittel (bei WAN) ist ein (auf A eingestellter) Elfenbeinstift sichtbar, der aus einem queren Schlitze des Handgriffes hervorragt, innerhalb dessen er nach rechts und links (bis N und W) verschoben werden kann. Die innere Einrichtung dieser Elektrode zeigt die Durchschnittsfigur 79. Mittels des hervorragenden Elfenbeinstiftes ist ein Cylinder aus isolirendem Material drehbar. Dieser Cylinder trägt an seinen beiderseitigen Basalflächen kleine Metallkegel, deren oberer durch die Metallachse mit dem Applicationsende und mit den zwei seitlichen Metallstreifen der Mantelfläche dieses Drehkörpers in leitender Verbindung steht, während der untere einerseits mit dem mittleren Metallstreifen an der Peripherie des Drehkörpers und andererseits mit der Leitungsschnur F für die zweite Elektrode verbunden ist. Diese letztere Verbindung geht längs der Peripherie eines ebenfalls aus isolirendem Material gefertigten und mit dem (die 3 Leitungsschnüre tragenden) Verschlussstücke des Hohlraumes dieses Handgriffes fix verbundenen Cylinders, der zugleich die Metallpfanne für den unteren Metallkegel des vorerwähnten Drehkörpers trägt. Von diesem unteren Cylinder (Figur 79) gehen 2 Metallfedern aus, deren eine durch die Leitungsschnur K mit der An., die andere durch die Leitungsschnur Z mit der Ka. in Verbindung steht. Diese Metallfedern schleifen auf den 3 vorerwähnten Metallstreifen des Drehkörpers.

Steht die rechte (mit Z verbundene) Feder auf dem äußeren Metallstreifen des Drehkörpers (wie in der Durchschnittsfigur), was durch die Stellung des Elfenbeinstiftes auf N (normal) angezeigt wird, so ist die Stromwendeelektrode die Ka. und der zweite Rheophor die An.; steht der

---

[1]) Andere Unterbrechungselektroden habe ich in der Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde, pag. 192, angegeben.

Elfenbeinstift auf *W* (Wendung) und zugleich die rechte (mit *Z* verbundene) Metallfeder auf dem mittleren (mit *F* verbundenen) Metallstreifen, so ist die Stromwendeelektrode die An. und der zweite Excitator die Ka. Steht hingegen der Elfenbeinstift auf *A* (Mittelstellung), so ruhen die beiden Metallfedern zwischen den drei Metallstreifen auf der isolirenden Oberfläche des Drehkörpers und der Strom ist unterbrochen. Diese Commutatorelektrode ist, wie leicht einzusehen, nach dem Principe des pag. 147 beschriebenen Schieberstromwenders gefertigt. [1])

Reiniger's Rheostatelektrode (Fig. 80) unterscheidet sich äußerlich von einer gewöhnlichen Elektrode nur dadurch, dass sie zwei Polklemmen (die untere am Ende des Handgriffes unterhalb des Wortes Rheostat ist in der Fig. 80 weggelassen) und eine über der Metallfassung mittels eines Stiftes drehbare Trommel besitzt. Im Innern des Handgriffes befinden sich die aus feinen Neusilberdrähten gefertigten Widerstandsrollen, deren Drahtenden zu Contactknöpfen (Schleifcontacten) unterhalb der Metalltrommel führen. Letztere besitzt an der Innenseite ihrer Mantelfläche ebenfalls einen Contactknopf, der durch Drehung abwechselnd mit den einzelnen Schleifcontacten in Berührung kommt. Der Anfang des Drahtes der Widerstandsspulen steht mit der unteren (hier fehlenden) Polklemme, die Trommel hingegen mit dem Applicationsende dieser Rheostatelektrode in leitender Verbindung. An der Außenfläche der Trommel befindet sich eine Theilung, welche die Bezifferung 0, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 750 und 1000 enthält. Diese Zahlen entsprechen ebenso vielen Siemens'schen [2]) Widerstandseinheiten. Jeder Ziffer entspricht ein feiner, scharfer, verticaler Strich, der auf den Index (an dem Handgriffe) durch leichte Drehung mittels des hervorragenden Elfenbeinstiftes eingestellt werden kann.

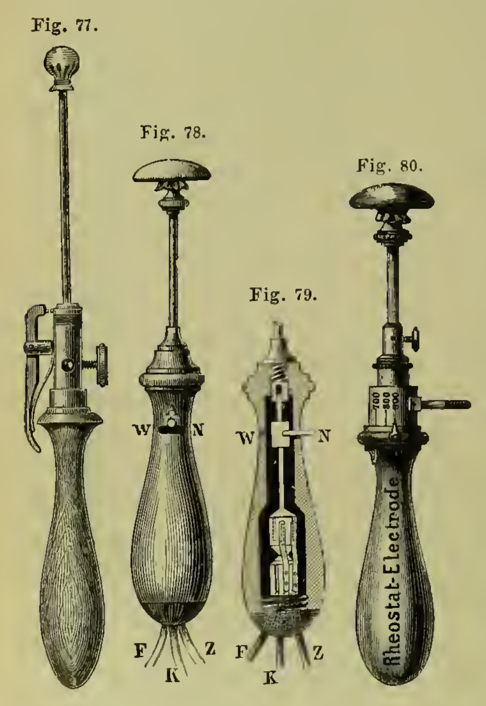


Fig. 77. Fig. 78. Fig. 79. Fig. 80.

Die Widerstände dieser Rheostatelektrode können entweder direct in den Stromkreis oder in einer Nebenschließung zu diesem eingeschaltet werden. Um ersteres auszuführen, verbindet man die untere (im Bilde weggelassene) Polklemme mit dem einen (beispielsweise dem positiven), die

[1]) In der Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde habe ich noch pag. 185 die Commutatorelektroden von J. Leiter, pag. 186 jene von Mayer und Wolf, pag. 189—191 die originelle Stromwendeelektrode von Fein beschrieben und abgebildet.

[2]) In neuester Zeit werden auf Wunsch die Widerstände für die Rheostatelektrode auch in absoluten Widerstandseinheiten — Ohms — hergestellt.

zweite Elektrode mit dem anderen (beziehungsweise negativen) Pol der Batterie. Sollen die Widerstände der Rheostatelektrode hingegen in einer Nebenschließung benützt werden, so verbindet man beispielsweise den positiven Pol mit der gewöhnlichen Elektrode und den negativen Pol mit der in der Fig. 80 (oberhalb der Trommel) sichtbaren Drahtklemme der Rheostatelektrode, und führt von der unteren (weggelassenen) Polklemme derselben noch eine Verbindung zum positiven Batteriepol.

Mitunter erscheint es praktisch, einen **Elektrodengriff** für verschiedene **Elektrodenansätze** (Verbindungsstücke sammt den Applicationsenden) benützen zu können. Derlei Elektrodengriffe und Elektrodenansätze können für alle bisher erwähnten Elektrodenarten hergestellt werden.

Als Beispiele seien hier aus der reichen Collection des Erlanger Universitätsmechanikers E. M. Reiniger einige Elektrodengriffe und Elektrodenansätze ohne weiteren Commentar bildlich vorgeführt. Fig. 81 stellt einen gewöhnlichen Elektrodengriff mit Klemmschraube an der Metallfassung und langem Verbindungsstabe dar. In Fig. 82 ist ein achteckiger kantiger

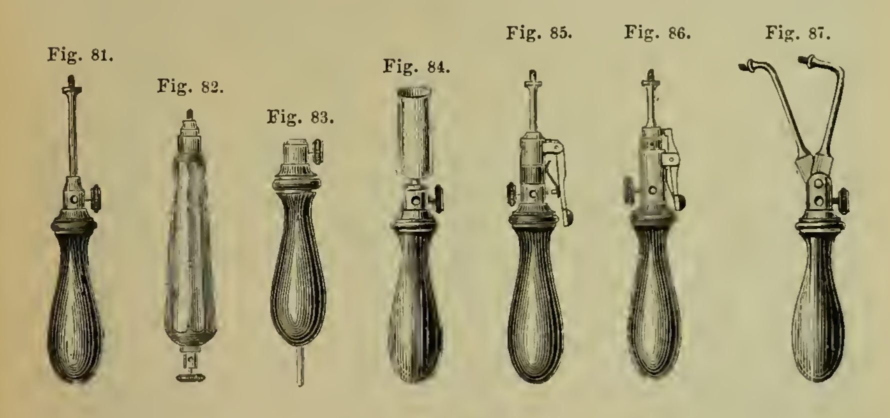


Fig. 81. Fig. 82. Fig. 83. Fig. 84. Fig. 85. Fig. 86. Fig. 87.

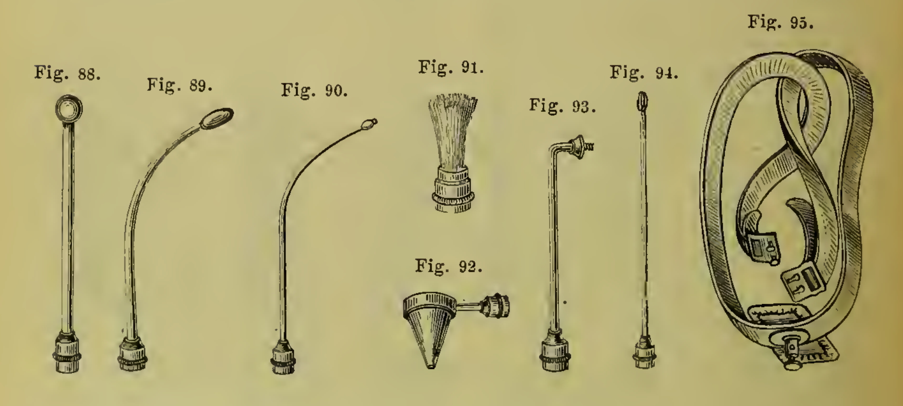
Elektrodengriff mit durchgehendem Metallstabe, ohne Verbindungsstab, die Klemmschraube am unteren Ende des Griffes abgebildet. Fig. 83 zeigt einen gewöhnlichen Handgriff mit durchgehendem Metallstabe, der am unteren Ende zur Verbindung mit der Leitungsschnur hervorragt. An seinem oberen Ende trägt dieser Elektrodengriff anstatt eines Gewindes eine Klemmschraube zur Befestigung jedes beliebigen bloß mit einem Verbindungsstifte versehenen Elektrodenansatzes. Der Elektrodenhalter (Fig. 84) besitzt eine mit seiner Metallfassung und der Polklemme leitend verbundene blanke Messingröhre, die entweder als Schwammhalter oder als Handelektrode[1]) benützt werden kann. Der Elektrodenhalter (Fig. 85) ist mit einer Contactvorrichtung zum Schließen des Stromes und der Elektrodengriff (Fig. 86) mit der Stromunterbrechungsvorrichtung versehen. Fig. 87 endlich stellt einen Elektrodenhalter dar, von dessen Metallfassung zwei gegeneinander beliebig verstellbare Verbindungsstäbe (für eine Doppelelektrode) ausgehen. Solche Doppelelektroden für einen Pol der Batterie stehen beispielsweise bei der Application der Elektricität längs der Wirbelsäule an mageren Individuen in

---

[1]) Zum Umfassen mit der befeuchteten Hand bei Verwendung derselben als indifferente Elektrode.

vortheilhafter Verwendung; die Verbindungsstäbe dieser Elektrode werden hiezu mit runden, knopfförmigen oder längsovalen, mit Schwammkappen versehenen Elektrodenansätzen verbunden, worauf die beiden Arme soweit auseinandergestellt werden, dass die Applicationsenden beim Ansetzen dieser Doppelelektrode zu beiden Seiten der Wirbelsäule zu liegen kommen.

Von den Elektrodenansätzen seien mit Übergehung der verschiedenen gewöhnlichen kugel-, kegel-, knopf- und plattenförmigen, mit Schwammkappen oder Flanell und Leinwand überzogenen Applicationsenden nur einige, für bestimmte Körperregionen gehörige Ansätze abgebildet. So stellt Fig. 88 einen Ansatz für die Uteruselektrode (eigentlich Vaginalportion des Uterus) dar; Fig. 89 und 90 sind Kehlkopfelektrodenansätze; der erstere mit langem, olivenförmigen, der letztere mit kurzem, kegelförmigem Applicationsende; beide können auch als Mundelektroden benützt werden. Fig. 92 ist der Ansatz für den Ohrenexcitator, Fig. 91 der Ansatz zur Duchenne'schen Pinselelektrode und Fig. 94 der Anuselektrodenansatz. In Fig. 93 ist ein winkelig abgebogener Verbindungsstab dargestellt, der auch als gerader Stab in beliebiger Länge hergestellt wird, um die Elektrodenansätze nach Bedarf zu verlängern oder zum Elektrodenhalter in beliebige Stellung bringen zu können.



Bei der Verwendung der Elektricität, sowohl zu elektrodiagnostischen, wie auch zu therapeutischen Zwecken, kann der Arzt nur in den seltensten Fällen beide Rheophore eigenhändig am Körper des Patienten fixiren, da er in den weitaus meisten Fällen zur Regulirung der Stromstärke, zur Stromwendung, zur Einschaltung von Widerständen, des Galvanometers etc. eine Hand frei haben muss. Demnach ist entweder ein Assistent zur Fixirung der zweiten (indifferenten) Elektrode nöthig oder der Arzt muss das Fixiren derselben dem Patienten selbst überlassen. Da ein Assistent jedoch nicht immer zur Hand, überdies seine Anwesenheit in manchen Fällen sogar nicht erwünscht ist, die Fixation der zweiten Elektrode andererseits dem Patienten aus Besorgnis, er könnte sie plötzlich abheben, und so ganz unerwünschte Stromesschwankungen verursachen, nicht überlassen werden kann, haben Ärzte und Mechaniker verschiedenartige **Fixationselektroden** ersonnen, welche das automatische Fixiren der einen Elektrode am Körper besorgen sollen.

Die einfachste Fixationselektrode besteht aus einem beliebig langen, elastischen Gürtel (Fig. 95), der in der Mitte seiner Länge

eine durchbohrte Metallscheibe besitzt, durch welche die Klemmschraube einer beliebigen knopf- oder plattenförmigen Elektrode durchgeschoben werden kann. Eine solche Elektrode (Fig. 96) besteht nur aus dem Applicationsende und einer Klemmschraube. Der Fixationsgürtel muss eine leicht zu handhabende Schließe, sowie eine Vorrichtung zur beliebigen Verkürzung des elastischen Bandes besitzen.

Dr. Penzoldt's Glockenelektrode (Fig. 97) besteht aus einer Glocke aus Hartgummi oder Metall, die an ihrer Kuppe eine Polklemme, in ihrem Innern das mit der Polklemme leitend verbundene Applicationsende und seitlich einen mit einem Sperrhahn versehenen Ansatz für einen Kautschukschlauch besitzt. Die Glocke wird an die Haut angedrückt, an dem Ende des Kautschukschlauches entweder mit dem Munde gesaugt oder zur Verdünnung der Luft in der Glocke eine (Kautschuk-) Ballonpumpe verwendet und hernach der Hahn geschlossen. Wurde die Luft unter der Glocke hinreichend verdünnt, so haftet die Elektrode vollkommen sicher an der Ansatzstelle. Diese Glockenelektrode wird in verschiedenen Größen hergestellt, und kann an die Klemmschraube von innen ein beliebiges Applicationsende angeschraubt werden.

Fig. 96. Fig. 97.

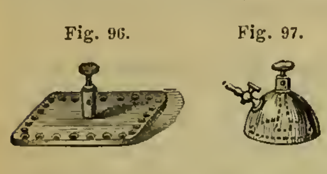
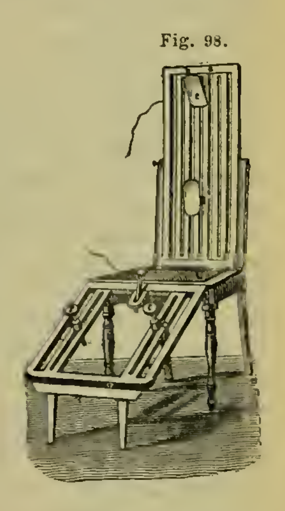


Fig. 98.



Reiniger's Elektrisirstuhl (Fig. 98) besitzt eine verstellbare Lehne, sowie ein verstellbares Fußstück aus schmalen Holzlatten, zwischen denen Metallknöpfe, die nach rückwärts die Polklemmen und nach aufwärts, beziehungsweise nach vorne, Gewinde zur Aufnahme beliebiger Applicationsenden tragen, nach Bedarf verschoben und in gewünschter Stellung fixirt werden können. Lehne und Fußtheil können auch ganz abgenommen werden. Dieser Elektrisirstuhl gestattet die Fixirung verschieden gestalteter Applicationsenden, entsprechend dem Nacken und jeder Stelle der Wirbelsäule, sowie der unteren Extremitäten. Der mittlere Knopf *f* dient zur Fixation von Elektroden für die Sexualorgane und können theils gerade, theils gebogene Elektrodenansätze angeschraubt werden.

Auf der Wiener Elektricitätsausstellung 1883 hatte Dr. Löwenfeld aus München biegsame, der Körperform sich völlig anschmiegende Metallelektroden für stabile Applicationen mit Befestigungsvorrichtung ausgestellt. Diese Elektroden bestehen aus einer doppelten Lage von Drahtgeflecht, nämlich einer Platte von stärkerem, vernickelten Eisendrahtgeflecht und einer solchen von feinem, vernickelten Messingdrahtgeflecht; die Ränder der letzteren sind um die der ersteren (der Grundplatte) an allen Seiten herumgebogen. Von der dünneren Platte aus Messingdrahtgeflecht gehen zwei rechtwinkelig abgebogene Bügel von gleichem Material aus, an deren Enden eine Polklemme gelöthet ist; hiedurch ist die leitende Verbindung der Grundplatte mit der Polklemme gesichert. Diese Elektrode kann je nach der Körperstelle, für die sie benützt werden soll, beliebig gebogen werden, ohne dass hiedurch die Verbindung mit der Polklemme irgendwie beschädigt werden könnte

(weil die Bügel, wie erwähnt, nicht von der Grundplatte ausgehen und sehr biegsam sind). Die Verbindung zweier Bügel sichert übrigens selbst dann, wenn einer derselben abreißen sollte, noch die metallische Verbindung der Leitungsklemme mit der Grundplatte. Letztere ist zunächst mit Flanell und sodann mit Leinwand überzogen. Die Befestigungsvorrichtung ist an allen diesen Plattenelektroden, die in verschiedenen Größen und Formen ausgestellt waren, dieselbe und im Principe höchst einfach. An dem Überzuge der Elektrodenplatten sind, je nach der Größe derselben, an zwei oder mehreren Seiten je 2—3 Gummizüge angebracht, welche gegeneinander convergiren; an der Verbindungsstelle der Gummizüge ist ein Gummiband mit Knöpfen, beziehungsweise Knopflöchern oder einer Schließe, wie an dem Elektrodengürtel (Fig. 96), oder noch einfacher, ein Leinwandband (zum Binden) angebracht. Die Gummizüge erfüllen überall einen doppelten Zweck, sie isoliren nämlich die Elektrodenplatten gegen die Umgebung (und ermöglichen so die Localisation des Stromes) und gestatten andererseits ein festes Andrücken letzterer ohne belästigendem Einschnüren der Befestigungsbänder.

Im Vorhergehenden wurden einerseits nur die am häufigsten gebräuchlichen, sowie andererseits nur Beispiele der mit verschiedentlichen Vorrichtungen ausgestatteten Elektrodenarten erwähnt. In der II. und III. Abtheilung werden noch einige ganz besonders eingerichtete Elektrodenarten (für diagnostische, sowie für gewisse bestimmte therapeutische Zwecke) besprochen werden.

Bei allen Elektroden ist in erster Richtung darauf zu sehen, dass sie kein Leitungshindernis bilden, dass an keiner Stelle in ihrem Verlaufe eine Stromesunterbrechung eintrete. Mitunter hat man nur ein Paar Elektroden zur Hand und erweisen sich auch diese als schadhaft; es fehlt die Schraube an der Polklemme oder sie hat todte Gänge und fixirt nicht den Draht, oder der Verbindungsstab ist abgebrochen, oder aber das Applicationsende oxydirt oder sonst unverwendbar. In diesem Nothfalle kann man sich auch ohne jede Elektrode bloß mit den Leitungsschnüren behelfen: Man befeuchtet nämlich die beiden, mit den Elektroden zu verbindenden Metallstifte der Ableitungsschnüre mit Salzwasser, gibt einen dieser Stifte dem Patienten und nimmt den anderen selbst zwischen die Finger, beispielsweise der linken Hand. Während diese Stifte zwischen Zeigefinger und Daumen festgehalten werden, verwendet der Arzt einen befeuchteten Finger der rechten Hand oder auch die ganze Hand als Applicationsfläche (elektrische Hand). Diese Methode wird übrigens in gewissen Fällen, so z. B. bei Application der Elektricität im Gesichte hochgradig empfindlicher Patienten auch beim Vorhandensein brauchbarer Elektroden geübt.

Leitungsschnüre.

Zur Verbindung der Elektroden mit der Stromesquelle dienen die Leitungsdrähte oder Leitungsschnüre, auch Leitungskabel genannt. Dieselben müssen mit isolirenden Überzügen versehen sein und in entsprechende Klemmstifte oder Verbindungsenden ausgehen,

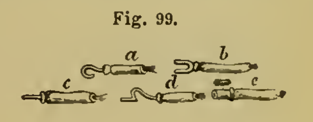
mit welchen sie sich stets im sicheren Contacte befinden sollen. Die Länge dieser Leitungsschnüre soll mindestens 1·5 *m* betragen.

Der einfachste Leitungsdraht ist ein mit Kautschuk überzogener oder mit Seide oder Wolle übersponnener und hierauf durch Wachs gezogener Kupferdraht; an den beiden Enden wird der Überzug etwa auf 1—1·5 *cm* mittels des Messers entfernt und das blanke Ende in der Polklemme der Batterie, beziehungsweise der Elektrode fixirt. Derlei Leitungsdrähte sind verlässlich, nur wegen ihrer Rigidität unbequem zu handhaben.

Aus diesem Grunde verwendet man gewöhnlich die sogenannten Leitungsschnüre oder Leitungskabel. Sie bestehen aus vielen leicht biegsamen Kupfer- oder Messingdrähten oder aus mit Metallgespinnst überzogenen (sogenannten Leon'schen) Schnüren. Diese werden je nach Bedarf in beliebiger Menge zu einem Kabel vereinigt und gemeinsam übersponnen, über dieselben oft noch ein glattes, dünnwandiges Kautschukrohr gezogen. Die Enden der Drähte werden an Ausleitungsstifte gelöthet, die Enden der Leon'schen Schnüre durch Ösen der Leitungsstifte gezogen und festgeknüpft. Durch die Benützung reißen die Leon'schen Schnüre an den Stellen, wo sie geknüpft sind, oder wird ihr metallischer Überzug abgewetzt, oder die Verbindung zwischen den Ausleitungsstiften und den Schnurenden gelockert, wodurch Stromeshindernisse eintreten. Auch die Löthstellen der dünnen Drähte brechen oft ab, und veranlassen auf diese Weise ebenfalls Stromesstörungen. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, die Verbindung zwischen den Ausleitungsstiften und Kabelenden vorerst sicher und verlässlich herzustellen und sodann über diese Stelle einen dünnen, durch Wachs gezogenen Seidendraht zu schlingen. Um diese Verbindungsstellen vor Knickungen und daraus sich ergebenden Beschädigungen zu sichern, muss man des ferneren eine etwa 2 *cm* lange Ebonithülse über dieselben schieben und mittels Schellack oder Siegellack daselbst fixiren.

Die blanken Verbindungsenden der Leitungskabel Fig. 99 sind entweder ösenförmig, wie *a* oder gabelförmig, wie *b*; sie dienen bei Benützung der sogenannten Flachklemmen, wo der Verbindungsdraht zwischen den flachen Theilen des vorstehenden Randes der Schraubenspindel und des Kopfes der Schraubenmutter festgeklemmt wird. Der Verbindungsstift *c* des Leitungskabels dient für gewöhnliche Polklemmen; *d* ist für beide genannten Fälle eingerichtet und in *e* endet das Leitungskabel selbst in eine Polklemme, mit der es an den Verbindungsstiften der Elektrodenhalter festgeklemmt werden kann.

Fig. 99.



An den französischen Apparaten endet das Leitungskabel gewöhnlich in abgestutzte Metallkegel (Metallstöpsel) und befinden sich an der Batterie und an den Elektrodenhaltern nur conische Löcher, in welche diese Metallstöpsel gesteckt werden. Diese Verbindungsart sichert innigen Contact; es stecken indes die Stöpsel oft nicht genug tief oder nicht genug fest und fallen besonders von den Elektrodenheften, während der Benützung heraus und verursachen so unliebsame Stromesunterbrechungen.

Die Leitungskabel sollen in ihrem Verlaufe wohl isolirt sein. Besteht die Isolirung nur aus einer Seiden- oder Wollumspinnung, so muss dieselbe

vor Benetzung wohl gesichert werden. Besonders ist darauf zu sehen, dass die Schnüre nicht mit Salzwasser oder Säuren benetzt werden, weil hiedurch die dünnen Drähte leicht durchgeätzt werden könnten. Vortheilhaft ist aus diesem Grunde, über die Umspinnung noch einen Kautschukschlauch zu ziehen. Dieser soll nicht klebrig, möglichst dünnwandig und aus bestem Gummi gefertigt sein. Allein auch dann wird er mit der Zeit spröde, hart und brüchig, in welchem Falle er durch einen frischen ersetzt werden muss.

Die Leitungskabel sollen ferner vor Zerrungen bewahrt werden (somit nicht zu kurz sein). Bei Zerrungen geschieht es mitunter, dass die dünnen Drähte oder die Leon'schen Schnüre innerhalb der Umspinnung und des Überzuges reißen, letztere jedoch völlig intact erscheinen. Tritt dieser Zufall ein, so sucht man oft lange nach der Ursache der Stromesunterbrechung; das Galvanometer gibt gewöhnlich schon nach dem ersten Versuche Aufschluss über die Quelle derselben. Sollte man nur ein Paar und dazu noch in ihrem Verlaufe unterbrochener Leitungsschnüre zur Hand haben, so kann man sich für diesen Nothfall dadurch helfen, dass man die ihres Kautschuküberzuges befreite Leitungsschnur in Salzwasser taucht (Benedikt), wodann dieselbe, solange sie feucht ist, leidlich gut leitet. Noch besser ist es, wenn man die Unterbrechungsstelle aufsucht und an dieser die Leon'schen Schnüre oder die dünnen Drähte miteinander verknüpft. Im äußersten Nothfalle kann ein gewöhnlicher blanker Draht benützt werden (nur mit der Vorsicht, dass nicht auf dem Wege von der Batterie zum Körper des Patienten Berührung der blanken Drähte und hiedurch kurzer Schluss des Stromes stattfinde).

Wenn in einer gemeinschaftlichen Umhüllung mehrere von einander isolirte Leitungsschnüre zu einem Kabel vereinigt sind, wie z. B. für Zwecke der Stromwendeelektroden, so sollen dieselben entweder mit verschiedenfärbiger Seide umsponnen oder ihre Verbindungsstifte besonders bezeichnet werden. Manche Praktiker wählen selbst für den gewöhnlichen Gebrauch die 2 Leitungsschnüre mit verschiedenfärbiger Überspinnung, um bei bestimmter Stellung des Commutators durch die Farbe der Leitungsschnüre sofort die Pole zu markiren.

II. ABTHEILUNG.

Elektrodiagnostik.

Elektrodiagnostik bezeichnet jedwede Verwendung der Elektricität zu diagnostischen Zwecken. Naturgemäß zerfällt sie in zwei Abschnitte, je nachdem die Elektricität direct auf den menschlichen Körper applicirt wird und an demselben gewisse Erscheinungen hervorruft, die in verschiedener Weise am gesunden und erkrankten Organismus ablaufen und so einen Schluss auf bestimmte Störungen im menschlichen Körper gestatten, oder aber, indem die Elektricität zur Inthätigkeitssetzung von Apparaten verwendet wird, die erst zu diagnostischen Zwecken benützt werden (indem z. B. ein elektrisch erglühender Platindraht zur Erhellung von dem directen Besehen unzugänglichen Körperhöhlen oder ein entsprechend eingerichteter Mikro-Telephonapparat zur Auscultation etc. herangezogen wird). Im Nachfolgenden soll vorzugsweise und zunächst der praktisch wichtigere erste Abschnitt abgehandelt werden, wogegen der zweite hier nur in aller Kürze Berücksichtigung finden kann.

Wird der elektrische Strom an den unverletzten menschlichen Körper applicirt, so ruft er eine Reihe „physiologischer Wirkungen" hervor, die je nach den Geweben nnd Organen, die er durchfließt, von einander verschieden sind. Die Nerven und Muskeln regt er unter bestimmten Umständen zu ihren normalen Thätigkeiten an, und zwar wirkt er auf dieselben als adäquater Reiz; auf diesen antwortet der Muskel durch eine Zusammenziehung (Zuckung), der motorische Nerv durch eine centrifugale Erregung (die im Muskel ebenfalls eine Zuckung hervorruft), der sensible Nerv durch eine centripetale Erregung der Empfindungscentra (die bis zur Schmerzempfindnng ansteigen kann), die Sinnesnerven durch ihre specifischen Sinnesenergien, die Vasoconstrictoren durch Verengerung der Gefäße, die Vasodilatatoren durch Erweiterung derselben (kurz durch Circulationsveränderungen), die secretorischen Nerven durch Anregung von Drüsenabsonderungen, die trophischen durch Veränderung in der Nutrition etc. In zweiter Richtung verändert der elektrische Strom die Erregbarkeit der genannten Gebilde in ganz bestimmter Weise und wirkt somit modificirend auf dieselben (nämlich erregbarkeitssteigernd, beziehungsweise erregbarkeitshemmend) ein. Auf diese Weise vermag der elektrische Strom fast alle vitalen Functionen des Organismus zu beeinflussen, und zwar, wie bereits erwähnt, in verschiedener Weise die des gesunden und jene des erkrankten Organismus.

Um die Erscheinungen, welche der elektrische Strom unter pathologischen Verhältnissen hervorruft, verstehen und würdigen zu können, muss man vorerst mit den Wirkungen der Elektricität auf den unversehrten, normalen, gesunden Organismus vertraut sein; der Elektropathologie muss demnach ein kurzer Abriss der Elektrophysiologie vorangeschickt werden.

Elektrophysiologie.

Elektromotorische Eigenschaften thierischer Gewebe und des menschlichen Körpers.

Den Ausgangspunkt zur Entdeckung der Contact-Elcktricität bildeten (cfr. pag. 31) Galvani's Untersuchungen über die thierische Elektricität. Schon 1743 von Hansen und 1744 von de Sauvages angeregt, wurde diese Lehre erst durch Galvani (1793) und seine Nachfolger Humboldt (1798), Nobili (1827 Froschstrom), Bunsen u. A. wesentlich gefördert. Doch erst seit 1843 datirt die eigentlich wissenschaftliche Forschung die auf diesem Gebiete durch E. Du Bois-Reymond eingeleitet und in seinen classischen Arbeiten (Untersuchungen über die thierische Elektricität, 2 Bde.) zum Abschluss gebracht wurde.

Bringt man den Längs- und Querschnitt eines ausgeschnittenen prismatischen oder cylindrischen Muskel- oder Nervenstückes mit unpolarisirbaren Elektroden in Berührung und verbindet letztere mit den Enden der Drahtwindungen eines sehr empfindlichen (Spiegel-) Galvanometers, so zeigt die Abweichung des beweglichen Magnetes von seiner Ruhelage das Kreisen eines Stromes vom Längsschnitt (+) durch den Schließungsbogen (Galvanomcterdraht) zum Querschnitt (—) au. Ähnliche Ströme (Ruheströme) lassen sich auch von verschiedenen anderen organischen Geweben ableiten. Die Intensität dieser Ströme variirt nach E. Du Bois-Reymond (je nach deren Anordnung) zwischen 50 und 100 M. D. (cfr. pag. 163). Reizt man einen Nerv oder Muskel, von dem ein Ruhestrom abgeleitet worden, so nimmt die Intensität dieses Stromes ab (negative Stromesschwankung) etc.

Gleichwie der ruhende Muskel elektromotorische Eigenschaften zeigt, regt auch jede einfache Muskelzuckung einen elektrischen Strom an. Legt mau auf die mit einem sehr empfindlichcn Galvanometer verbundenen unpolarisirbaren Elektroden ein noch schlagendes, ausgeschnittenes Froschherz, so nimmt man wahr, dass jeder Zuckung eine Ablenkung der Magnetnadel vorausgeht. Ein „Froscbpräparat" geräth durch cin schlagendes Froschherz cbenfalls in Zuckungen („secundäre Zuckung", Galvani's „Zuckung ohne Metalle").

In gleicher Wcise lässt sich zeigen, dass auch dic willkürlichen Contractionen lebcnder Menschcn von elektrischen Erscheiuungen begleitet sind.

Die Körperoberfläche lebender Menschen und Thiere zeigt eine bald stärkere, bald geringere elektrische Ladung (wahrschcinlich infolge der Reibung der Kleider oder infolge der vertheilenden Wirkungen seitens der Luftelektricität), die bald als positiv (Ahrens, Gardini, Hammer, Nesse, Stein), bald als negativ (Sjösten u. A.) angegeben wurde. In der älteru, sowie in der neuern Literatur finden sich zahlreiche Angaben über mitunter ganz eigenthümliche Erscheinungen elektrischer Ladungen des Gesammtkörpers. Jedenfalls die merkwürdigsten elektromotorischen Eigenschaften des lebenden Thierkörpers nehmen wir indes an den sogenannten elektrischen Fischen wahr, die ein eigenes Organ haben, in welchem sie durch physiologische Vorgänge Elektricität erzeugen und ansammeln.

Was die Theorie dieser Nerven- und Muskelströme anbelangt, so gehen die Ansichten der Physiologen ziemlich weit auseinander; so nimmt E. Du Bois-Reymond zur Erklärung derselben in den Muskeln und Nerven peripolarelektrische Molecüle an; Grünhagen fasst sie nur als Begleiterscheinungen nutritiver Störungen auf; Hermann erklärt sie durch das elektrische Verhalten des irgendwo veränderten Protoplasmas gegen das unveränderte etc.

Über die Bedeutung der Nerven- und Muskelströme sagt Du Bois-Reymond: „Es ist gewiss, dass diese elektrische Thätigkeit der Muskeln und Nerven mit ihren sonstigen Leistungen auf das innigste verknüpft ist, und es ist, wenigstens in hohem Maße wahrscheinlich, dass die elektrischen Erscheinungen nicht bloß gleichgiltige Begleitzeichen, sondern die wesentlichen Ursachen der innern Bewegungen sind, aus denen sich der Vorgang in den Nerven bei der Innervation in den Muskeln bei ihrer Verkürzung zusammensetzt."

Der Leitungswiderstand des menschlichen Körpers.

Sowohl bei Prüfungen der elektrischen Erregbarkeit von Muskeln und Nerven als auch bei elektro-therapeutischen Applicationen findet man bei Benützung eines verlässlichen, absoluten Galvanometers (Milliampèremeters) selbst an einer und derselben Versuchsperson unter Anwendung derselben Stromesquelle und der gleichen Elektroden zu verschiedenen Zeiten verschiedene Stromstärken, zum Theile bedingt durch Veränderungen des wesentlichen Widerstandes der galvanischen Säule (zumal bei inconstanten Elementen), vorzugsweise aber infolge des wechselnden Widerstandes des vom Strome durchflossenen Körpers. Die Nichtbeachtung dieser Verhältnisse könnte leicht zur irrthümlichen Annahme einer Erregbarkeitsveränderung führen. Die ersten Angaben über den Widerstand der Gewebe des menschlichen Körpers überhaupt datiren von Ritter (denen zufolge besonders die epidermoidalen Gewebe der Oberhaut, Haare, Nägel, sodann die compacten Knochen einen großen Widerstand für den Stromdurchgang setzen); die ersten Widerstandsbestimmungen datiren seit R. Remak. Doch waren die älteren Angaben über die Leitungswiderstände thierischer Gewebe vielfach mangelhaft und öfters widersprechend.

Die ersten Widerstandsbestimmungen wurden nach der Substitutionstheorie gemacht; es wurde nämlich der Strom durch den menschlichen Körper geleitet und bei Benützung einer gewissen Elementzahl der Galvanometerausschlag notirt; sodann wurden bei Verwendung derselben Elementzahl an Stelle des Körpers so viele Widerstandseinheiten in den Stromkreis geschaltet, bis abermals der vorher beobachtete Galvanometerausschlag eintrat. R. Remak bestimmte so den Gesammtwiderstand des menschlichen Körpers auf 1000—5000 S. E.; F. Kohlrausch (von Hand zu Hand) auf 1600 bis 3600 S. E.; Runge auf 2000—5000 S. E.; M. Rosenthal auf 2180—9800 S. E.; Pouillet auf 1094 S. E.; Lenz und Ptschelnikoff auf 2045 S. E. etc. Nach Ed. Weber beträgt der Widerstand des menschlichen Körpers 900000 S. E., er ist somit 50 Millionen mal, nach Harless gar 115 Millionen mal so groß als der des Kupfers.

Was die Angaben über den specifischen Widerstand verschiedener thierischer Gewebe (nach den Untersuchungen an ausgeschnittenen, abgestorbenen Gewebstheilen) anbelangt, so wird einstimmig die trockene Epidermis als absolut nichtleitend angegeben. Ihr zunächst rangiren Haare, Nägel, sodann die compacten Knochen, endlich die Sehnen. Ein bedeutend besseres Leitungsvermögen besitzen die Bulbi, das Gehirn, Rückenmark, die peripheren Nerven und die Muskeln. Harless fand den Leitungswiderstand der Nerven doppelt so groß als den der Muskeln; nach Matteucci soll sich das Leitungsvermögen der Muskeln zu dem der Nerven wie 4 : 1, nach Schlesinger nur wie 8 : 3 verhalten. Nach Eckhard ist, falls der Leitungswiderstand des Muskels = 1 gesetzt wird, jener der Sehnen = 1·8—2·5; der des Nerven = 1·9—2·4; der des Knorpels 1·8—2·3 und jener der compacten Knochensubstanz = 16—22. Nach v. Ziemssen beträgt der L. W. des Bulbus 2651·2 S. E.; der eines ebenso großen Stückes Gehirn 1693·3 S. E.; der eines ebenso großen Stückes Muskelsubstanz 6192 S. E. und der eines ebenso großen Stückes Leber 11592 S. E. Nach Ranke leitet das Blut nicht wesentlich anders als das feuchte Gewebe im lebenden Organismus. Anderweitige Widerstandsbestimmungen führen noch von Erb, E. Remak, Drosdoff, Tschiriew, de Watteville etc. her.

Was die specifischen Widerstände lebender Gewebe und das Verhältnis derselben zum Widerstande absterbender und todter Gewebe betrifft, so wird nach Du Bois-Reymond der Widerstand des Muskels durch Tetanus und Todtenstarre vermindert; nach Ranke ist der Widerstand des lebenden Muskels zweimal so groß als der des ausgeschnittenen todten; hingegen leitet der absterbende Nerv schlechter als der lebende (Munk), daher ist das Leitungsvermögen der lebenden Nervensubstanz (Nerv, Gehirn und Rückenmark) besser als das des lebenden Muskels (= 1 : 1·2 nach Ranke). Aus dem Angegebenen folgt auch, dass die Bulbi (des lebenden Menschen), wie v. Ziemssen

nachwies, ein besonders gutes Leitungsvermögen besitzen, da sie mit den Wangen und den Weichtheilen des Kopfes und Halses durch gutleitende Lymph- und Blutgefäße zusammenhängen, während das etwas besser leitende (ausgeschnittene) Gehirn von einer bedeutend schlechter leitenden compacten Knochenhülle umgeben ist (daher auch die leichte. directe Erregbarkeit der Netzhaut). Im allgemeinen kann man Ranke beipflichten, dass der galvanische L. W. der verschiedenen lebenden thierischen Gewebe (Oberhaut und Knochen ausgenommen) nur geringe Verschiedenheiten zeigt.

Das Leitungsvermögen der (ausgeschnittenen) Muskeln und Nerven wurde verschieden befunden, je nachdem sie der Länge oder der Quere nach durchströmt werden. So fand Hermann, dass der Widerstand des Muskels bei Querdurchströmung 9mal so groß ist als bei Längsdurchströmung, und dass der Quer-Widerstand des Nerven 5mal so groß ist als sein Längs-Widerstand.

Die ersten Bestimmungen des Widerstandes des menschlichen Körpers mittels der Wheatstone'schen Brücke rühren von Gärtner her. Nach derselben Methode verfuhren J. Rosenthal, Eulenburg und Fr. Jolly.[1]) Aus Gärtner's Versuchen geht vorerst hervor, dass der Widerstand des menschlichen Körpers bedeutend größer ist, als die ältern Untersucher fanden; es betragen nämlich (bei Einschaltung eines sehr schwachen Stromes und bei Anwendung von unpolarisirbaren Elektroden von durchschnittlich 12·5 cm^2 Oberfläche) die Widerstände der meisten Hautstellen am Vorderarme (lebender Menschen) 100.000 bis 300.000 (nach Jolly sogar über 400.000) S. E. Was die verschiedenen Hautstellen betrifft, so ist zu erwähnen, dass die Widerstände derselben Hautstellen an derselben Person zu verschiedenen Zeiten schwanken, umsomehr noch die Widerstände der verschiedenen Hautstellen und dazu noch bei verschiedenen Personen. Trotzdem bleiben aber gewisse durchgreifende Unterschiede, betreffend die verschiedenen Hautstellen, bestehen, so dass gewisse Hautstellen immer und bei allen Personen einen größern, andere dagegen einen geringern Widerstand aufweisen. Nach den ältern Untersuchungen soll der größte Widerstand jener der Handteller und Fußsohlen sein. Im Gegensatze hiezu fand Jolly, dass gerade Handteller und Fußsohlen den kleinsten Widerstand besitzen; bedeutend höhere Widerstände findet man im Gesichte, und zwar in der Wangen-, sodann in der Schläfengegend (zumal bei alten Personen, an denen, ganz in Übereinstimmung mit Erb, auch Jolly die höchsten Widerstandszahlen fand).

Wie es kommt, dass die älteren Untersucher so geringe Widerstandszahlen fanden, ist darauf zurückzuführen, dass sie bei ihren mangelhaften Methoden eine geraume Zeit warten mussten, bis die Nadel des benützten Galvanometers zur Ruhe kam; es wird aber der Leitungswiderstand des menschlichen Körpers durch das Hindurchleiten eines mittelstarken Stromes schon in kurzer Zeit bedeutend vermindert (Gärtner, Jolly). Diese Verminderung findet aber nicht an allen Hautstellen in gleicher Weise statt, daher Jolly's differente Angaben (betreffend die geringen Widerstandszahlen für Fußsohlen und Handteller) gegenüber ältern Angaben.

Jolly applicirte die Elektroden an die Wangen eines 19jähr. Mädchens und bestimmte den L. W. mit 160.000 S. E.; nach Durchleitung eines Stromes von 20 Siemens-Halske El. (= 4 M. A.) durch 1 Min. sank der L. W. auf 5000 S. E. Unter gleichen Umständen konnte Jolly an demselben Individuum den Widerstand an den Schläfen

---

[1]) Fr. Jolly, Untersuchungen über den elektr. L. W. des menschl. Körpers. Festschrift Strassburg 1884.

von 180.000 auf 11.000 S. E., an den Vorderarmen von 440.000 anf 41.000 S. E., an den Hohlhandflächen jedoch nur von 30.000 auf 28.000 S. E. vermindern. Hohlhandflächen und Fußsohlen haben somit gleich anfangs ein besseres Leitungsvermögen als die übrigen Hautstellen; ihr Widerstand wird aher beim Stromdurchgang weniger herabgesetzt als der anderer Hautstellen.

Jolly verdanken wir auch zuerst die exacte Bestimmung des Verhältnisses des L. W. der Epidermis zu dem der übrigen eingeschalteten Körperstrecken (des lebenden Menschen). Er fand, dass der Widerstand jeder Epidermisschicht ungefähr 150, der beiden Epidermisschichten (an der Ein- und Austrittsstelle) somit ungefähr 300 mal so groß sei, als der des ganzen dazwischen geschalteten Körpers: es kommt daher bei Anwendung der Elektricität am unverletzten menschlichen Körper der L. W. der durchflossenen Körperstrecke gegenüber dem Widerstande beider Epidermisschichten gar nicht in Betracht.

Was die Ursache der Herabsetzung des L. W. infolge der Durchleitung eines mittelstarken Stromes an einzelnen Hautstellen betrifft, so sind dieselhen zum Theil in den physikaliscben und zum Theil in den physiologischen Wirknngen des Stromes zn suchen Durch die erstern (kataphorischen) wird Flüssigkeit vom + zum — Pole üherführt, wodurch die Epidermis heiderseits durchtränkt und somit hesser leitend gemacht wird; die physiologischen Wirknngen des Stromes hedingen Erweiterung der Blutgefäße, Secretionszunahme, somit Erwärmung und Durchtränkung der umgehenden Partie mit Gewebsflüssigkeit. Controlversuche mit Rubefacientien (Senfpapier) und schweißtreibenden Substanzen (Pilocarpin) hatten in jedem Falle bedeutende Herahsetzung des L. W. zur Folge.

Auch der Inductionsstrom bewirkt eine Herabsetzung des L. W., allerdings eine viel geringere als der constante Strom. Eine einzige Ausnahme bilden die Handteller und Fußsohlen, an denen merkwürdigerweise der L. W. durch den Inductionsstrom stärker herahgesetzt wird, als durch den constanten.

Aus diesen Untersuchungen geht somit hervor, dass die trockene Epidermis absolut nicht leitend ist und dass der Strom bei seinem Durchgange durch die Haut vornehmlich die Poren derselben, die Haarbälge, Schweißcanäle und Ausführungsgänge der Talgdrüsen wählt. Übrigens leitet die wohldurchfeuchtete Epidermis den Strom ebenfalls, daher bei Applicationen der Elektricität an die unverletzte Haut vorzugsweise feuchte Elektroden zur Verwendung gelangen sollen. Durch die Stromdurchleitung nimmt die Leitungsfähigkeit der durchflossenen Gewebe bedeutend zu, und zwar mehr für den entgegengesetzten, als für den gleichgerichteten Strom — hiedurch nimmt die Stromstärke auch zu.

Die Nichtbeachtung dieser Abnahme des L. W. könnte leicht zu Täuschungen führen (z. B. zur Annahme einer erhöhten Erregbarkeit). Bei Anwendung eines zuverlässigen Milliampèremeters wird dieser Fehler nicht unterlaufen. Dieses Instrument macht auch die jedesmalige Bestimmung des L. W. überflüssig, weil die Zunahme der Stromstärke direct abgelesen werden kann (somit die Abuahme des L. W. erwiesen ist). Soll die Stromstärke unverändert bleiben, so muss man entweder die Elementzahl verringern oder entsprechende Rheostatwiderstände in der Nebenschließung ausschalten, beziehungsweise in die Hauptschließung einschalten.

Von hesonderem Interesse für die Elektrotherapie gestaltete sich die Controverse über die Leitungsfähigkeit der compacten Knochensnhstauz, heziehungsweise darüher, ob durch Gehirn und Rückenmark direct Ströme geleitet werden können. Bis zum J. 1866 vertrat v. Ziemssen die Ansicht, dass das von knöcheruen Hüllen umgebene Centralnervensystem dem elektrischen Strome, solange derselhe in mäßiger Stärke angewendet würde, unzugänglich sei. Erb hat 1867 diese Frage eingehend studirt und kam zu dem Resultate, dass beide Stromesarten in der Stärke, wie sie zu therapeutischen Zwecken

verwendet werden, Gehirn und Rückenmark durchströmen. Burckhardt und Brückner kamen zu gleichen positiven Resultaten. Diese Thatsachen veranlassten v. Ziemssen zu eigenen, umfassenden, einschlägigen Untersuchungen, denen zufolge (ganz im Einklange mit Erb und Burckhardt):

a) bei Application des galvanischen Stromes in den Stromstärken, wie sie zu therapeutischen Zwecken bei den Menschen zur Anwendung kommen, messbare Stromschleifen durch Gehirn, Rückenmark, den Halssympathicus, die Bulbi, den Gehörnerv, die Zunge, die Organe der Brust- und Bauchhöhle etc. bei percutaner Anordnung geleitet werden können;

b) dass diesen Stromesschleifen eine bestimmte Richtung zugewiesen werden kann;

c) dass man die Intensität dieser Zweigströme durch Vermehrung der Elementzahl steigern kann und

d) dass die größte Intensität dieser Zweigströme sich in der geraden Verbindungslinie zwischen beiden Polen galvanometrisch nachweisen lässt, rasch aber, nur um ein Geringes abseits von dieser Verbindungslinie, abnimmt.

Einige wichtige elektro-physiologische Grundlehren.

Unter allen Reizen, die auf einen Nerven einwirken können (mechanischen, thermischen, chemischen etc.), lässt sich die Reizwirkung des elektrischen Stromes mit größter Präcision abstufen, so dass bestimmte Reizerscheinungen immer unter ähnlichen Verhältnissen mit größtmöglichster Gesetzmäßigkeit auftreten. Der elektrische Reiz wirkt (nach E. Du Bois-Reymond) auf einen Nerven vorzugsweise im Momente seines Eintretens und Verschwindens, sowie im Momente plötzlicher Verstärkung oder Schwächung, demnach hauptsächlich nur durch die Stromesschwankung und nicht durch den absoluten Wert der jeweiligen Stromesintensität, und zwar wird der Nerv desto intensiver gereizt, je plötzlicher die Dichtigkeit des den Nerven durchfließenden Stromes zu- oder abnimmt. Dies Gesetz erfuhr in der Folge eine Erweiterung, indem durch Wundt, v. Bezold und Benedikt nachgewiesen wurde, dass nicht nur Schließung und Öffnung des Stromes auf motorische und sensible Nerven erregend einwirke, sondern dass dieselben zum Theile auch durch den constanten, den Nerven durchfließenden Strom (also auch während der Stromdauer) erregt werden. Allerdings sind hiezu gemeiniglich größere Stromesintensitäten erforderlich; diese können im sensiblen Nerven während der Dauer des Durchfließens unerträgliche Schmerzen, im motorischen Nerven eine dauernde Zusammenziehung des von ihm versorgten Muskels (Galvanotonus, Schließungstetanus) erzeugen (Pflüger). Allzu starke Ströme hemmen die Leitungsfähigkeit des Nerven durch Verminderung der Erregbarkeit, infolge dessen der gesetzte Reiz nicht mehr bis zum Muskel vorschreiten kann, dessen tetanische Contraction somit bald nach der Stromesschließung aufhört. Der elektrische Reiz ist ferner am wirksamsten bei Längsdurchströmung; er wird unwirksam, wenn man ihn senkrecht auf die Nervenachse leitet. (Galvani, J. Albrecht, Du Bois-Reymond, Fick, A. Meyer), bei schräger Durchströmung findet nach Fick an der Ka. Reizung statt. (Der Muskel dagegen zuckt am leichtesten bei Querdurchströmung, Sachs.) Bei der Längsdurchströmung nimmt die Reizwirkung bei gleichbleibendem Strome mit der Länge der durchflossenen Strecke zu (d. h. je größer die durchströmte

Nervenstrecke ist, desto kleiner braucht der elektrische Reiz zu sein (Pfaff, Ritter, Matteucci, Fick, Markuse, Tschiriew), und hängt anderseits auch von der Polapplication ab, d. h. je entfernter vom Muskel die An. und je näher an denselben die Ka. applicirt wird, desto größer ist bei gleicher Stromintensität der erzielte Effect (Hermann-Willy). Treffen einen Nerven rasch aufeinanderfolgende Stromstöße, so verfällt der vom Nerven versorgte Muskel in Tetanus. Selbst schwache Ströme vermögen noch erregend zu wirken, wenn sie nur sehr rasch in die Nerven einbrechen und aus denselben austreten. Sinkt jedoch die Zeit der Durchströmung unter 0·0016 Sec., so bleibt, selbst bei den stärksten Strömen, die Zuckung aus; nach Helmholtz genügt indes schon eine Durchströmungszeit von 0·018 Sec. zur Hervorrufung der Zuckung.

Was die specifische Erregbarkeit des motorischen Nerven, beziehungsweise der des Nerveneinflusses völlig beraubten Muskelsubstanz betrifft, so ist erstere für den elektrischen Reiz größer als letztere, d. h. ein Reiz, der den Muskel direct noch nicht zu erregen vermag, ist dies vom Nerven aus bereits imstande. Motorische Nerven sind desto erregbarer, je näher die Reizstelle (bei vom Nerven zum Muskel fließendem Strome) dem nervösen Centralorgane liegt. Es sind jedoch nicht alle Nervenfasern desselben Nervenstammes gleicher Function in gleicher Weise erregbar; so z. B. sind die Nerven, welche die Beugemuskel versorgen, leichter (d. h. schon durch geringere Reizintensitäten) erregbar, als die die Strecker versorgenden Nerven. Auch bei den Muskeln finden wir ähnliche Verhältnisse (die Beugemuskeln erweisen sich auch erregbarer als die Streckmuskeln). Überhaupt gelten für die isolirte Muskelsubstanz betreffs der elektrischen Reizung mit nur geringer Einschränkung dieselben Gesetze, wie für die elektrische Nervenreizung. In dieser Richtung ist zu erwähnen, dass der des Nerveneinflusses völlig beraubte Muskel nach Brücke auf kurzdauernde elektrische Ströme nicht reagirt, wogegen einfache Schließungen und Öffnungen eines galvanischen Stromes noch Zuckungen hervorrufen (Neumann). In gleicher Weise verhält sich der geschwächte, ermüdete, absterbende oder krankhaft gelähmte Muskel; dagegen kann diese gesunkene Erregbarkeit des ermüdeten Muskels nach Heidenhain durch längere Einwirkung eines constant den Muskel durchfließenden Stromes wieder aufgebessert werden (erfrischende Wirkung des galvanischen Stromes).

Wird ein noch erregungsfähiger Nerv vom constanten elektrischen Strom in einer bestimmten Strecke durchflossen, so wird hiedurch nicht nur innerhalb dieser intrapolaren Strecke, sondern auch außerhalb derselben im ganzen Nerven die Erregbarkeit desselben verändert, welchen Zustand Du Bois-Reymond Elektrotonus genannt hat. Pflüger, der diese Erscheinungen weiter studirte, fand, dass die Erregbarkeit des Nerven im Bereiche der An. vermindert (Anelektrotonus), dagegen im Bereiche der Ka. erhöht sei (Katelektrotonus); in der intrapolaren Strecke befindet sich ein Indifferenzpunkt (mit unveränderter Erregbarkeit), und zwar bei schwachen Strömen nahe an der An., bei starken nahe an der Ka. Sehr starke Ströme setzen das Leitungsvermögen an der An. bedeutend herab; sie können sogar den Nerven an dieser Stelle völlig leitungsunfähig machen. Der Katelektrotonus

tritt sofort bei Schließung der Kette ein, der Anelektrotonus entsteht langsam und breitet sich allmählich aus; die elektrotonischen Wirkungen nehmen mit der Länge der durchflossenen Nervenstrecke zu.

Ein Nerv wird erregt, wenn er aus Bedingungen niederer Erregbarkeit in Bedingungen höherer Erregbarkeit übergeht, somit wenn er vom normalen Zustande in den Zustand des Katelektrotonus (d. h. in den Zustand erhöhter Erregbarkeit) oder aus dem Zustande des Anelektrotonus (d. h. aus Bedingungen verminderter Erregbarkeit) in den Zustand normaler Erregbarkeit übergeht; mit anderen Worten: der Nerv wird erregt durch das Auftreten des Katelektrotonus und durch das Verschwinden des Anelektrotonus. Ersetzt man Katelektrotonus durch Kathodenwirkung, Anelektrotonus durch Anodenwirkung, ferner „Entstehen“ durch Stromesschließung und „Vergehen“ durch Stromesöffnung, so lautet das vorher ausgesprochene Gesetz: Der Nerv wird durch die Ka. bei der Stromesschließung und durch die An. bei der Stromesöffnung erregt; die Kathodenwirkung überwiegt die Anodenwirkung (Pflüger). Dieses Gesetz der Erregung gilt für alle Arten von Nerven und auch für die Muskeln, für letztere jedoch nur auf der intrapolaren Strecke.

Bei Aufstellung dieses Gesetzes war Pflüger von der Voraussetzung ausgegangen, dass die besprochenen Erregungsverhältnisse ausschließlich durch die Stromesrichtung bedingt seien. Er unterschied in dieser Beziehung den aufsteigenden Strom (↑) bei centraler Application der Ka. und peripherer Application der An. und den absteigenden Strom (↓) bei entgegengesetzter Polstellung und fand, dass bei Einwirkung wechselnder (d. h. bald schwächerer, bald stärkerer) Stromesintensitäten auf den motorischen Nerven, der zu ihm gehörige Muskel das einemal bei Schließung, das anderemal bei Öffnung des Stromes mit wechselnder Intensität zuckt, beziehungsweise auf diese Erregungsmomente gar nicht reagirt (also in Ruhe verbleibt). „Bezeichnet S. die Schließung und Ö. die Öffnung des Stromes, ist ferner D. = Dauer, R. = Ruhe, Z. = Zuckung, Te. = Tetanus und werden durch Z. und z. intensivere, beziehungsweise schwächere Zuckungen unterschieden, so lautet das „Pflüger-sche Zuckungsgesetz“: *a)* bei schwachen Strömen findet ↑ S. Z. — Ö. R.; ↓ S. z. — Ö. R. statt; *b)* mittelstarke Ströme ergeben: ↑ S. Z. — Ö. Z., ↓ S. Z. — Ö Z.; *c)* bei starken Strömen findet man ↑ S. R. — Ö. Z. und ↓ S. Z. bis Te. — Ö. R. Auf die Begründung dieses Zuckungsgesetzes, das sich aus dem Vorhergesagten leicht und ungezwungen ergibt, kann hier nicht weiter eingegangen werden. Es gilt mutatis mutandis (z. B. für den Sinnesnerven mit Rücksicht auf dessen centripetaler Leitung in umgekehrtem Verlaufe der Schließungs- und Öffnungsreaction bei starken Strömen und mit dem Unterschiede, dass die ihn treffenden Reize nicht durch Muskelzuckungen, sondern durch Empfindungswahrnehmung etc. beantwortet werden) für alle erregbaren Gebilde des animalen Organismus.

Indessen bewies schon Pflüger, dass die Reizung bei Stromesöffnung (Str. Ö.) allein durch die An. und bei Str. S. nur durch die Ka. bedingt wird, und zeigten u. A. Hering und Biedermann zur vollen Evidenz, dass die Schließungs- und Öffnungszuckungen bei verschieden starken Strömen nicht von der Stromesrichtung, sondern nur von reinen Polwirkungen abhängen.

Hierauf muss gleich hier aufmerksam gemacht werden, weil diese physiologischen Gesetze zur Grundlage therapeutischer Verwertung der Elektricität gemacht worden sind, und einige Autoren die Einwirkung der Elektricität auf den menschlichen Organismus einzig und allein auf die Stromesrichtung beziehen zu müssen glaubten. Im Gegensatze zu diesen führten andere die Wirkungen der Elektricität bei Application der Elektroden auf die unverletzte Haut auf reine Polwirkungen zurück, welche Anschauung heute umso berechtigter erscheint, da ja die Physiologen selbst das Zuckungsgesetz von der Stromesrichtung emancipirt und auf reine Polwirkungen zurückgeführt haben.

Fassen wir die Reizeffecte beider Pole mit Rücksicht auf die Nachwirkungen der im Bereiche derselben gesetzten Erregbarkeitsveränderung nochmals kurz zusammen, so findet bei Kettenschluss an der Ka. eine Erhöhung der Erregbarkeit (Katelektrotonus), an der An. eine Verminderung der Erregbarkeit (Anelektrotonus) statt. Bei Kettenöffnung erweist sich die Erregbarkeit sowohl im Bereiche der An., wie im Bereiche der Ka. erhöht (positive Modification), u. z. tritt diese Erregbarkeitserhöhung an der An. sofort nach dem Aufhören derselben ein, an der Ka. dagegen tritt an Stelle der erhöhten Erregbarkeit bei Stromesöffnung vorerst für eine kurze Dauer eine Verminderung der Erregbarkeit (negative Modification) auf, die aber hernach von einer positiven Modification längerer Dauer gefolgt wird.

Untersucht man einen absterbenden motorischen Nerven mit schwachen Strömen, so findet man im Verlaufe der einzelnen Stadien des Absterbens ganz dieselbe Zuckungsformel, wie sie das Pflüger'sche Zuckungsgesetz angibt.

Weitere physiologische Untersuchungen über die Bedingungen der normalen Nervenerregbarkeit ergaben, dass dieselbe solange fortbesteht, als der Nerv normal ernährt wird; findet eine Ernährungsstörung statt, so wird vorerst die Erregbarkeit des Nerven erhöht und erst, wenn bereits materielle Schädigungen durch die gesetzte Nervenstörung platzgegriffen haben, tritt ein Sinken der Nervenerregbarkeit ein. Erregbarkeitserhöhung der Nerven ist also immer ein Zeichen einer Ernährungsstörung und beginnender Herabsetzung der Nervenenergie. Andauernde übermäßige Nervenerregungen und Muskelanstrengungen ohne Ruhepausen führen zunächst zur Ermüdung, Erschöpfung ..... endlich zur Erregbarkeitsabnahme bis zum völligen Verluste derselben. Die Erholung findet beim Nerven verhältnismäßig rascher statt als beim Muskel. Andauernde Unthätigkeit führt übrigens auch zur Verminderung und schließlich zur völligen Vernichtung der Erregbarkeit.

Die normale Ernährung hängt in erster Richtung vom ungestörten Zusammenhang des Nerven mit seinem Centrum, das seine Nutritionsverhältnisse beherrscht, ab. Findet eine Continuitätsstörung oder Trennung statt, so sinkt sofort die Erregbarkeit des peripheren Abschnittes und dieser Theil verfällt schon in kürzester Zeit der fettigen Degeneration. Soll eine Regeneration eintreten, so darf die Trennung keine vollständige, oder wenn dies der Fall, wenigstens keine langandauernde sein, denn nur unter dem Einflusse des nutritiven Centrums kann eine Regeneration erfolgen. Bei Regeneration gemischter Nerven kehrt zuerst das Gefühl, die Empfindung, dann die willkürliche Bewegung und später erst die elektrische Erregbarkeit zurück; findet dagegen keine Regeneration des durchtrennten motorischen Nerven statt, so entartet auch der zugehörige Muskel fettig.

Nerven im Stadium erhöhter Erregbarkeit haben eine größere Fortpflanzungsgeschwindigkeit für Reize; sie antworten daher auch auf kurzdauernde elektrische Reize (Inductionsschläge); dagegen ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei Nerven im Stadium herabgesetzter Erregbarkeit vermindert. Diese antworten demnach auf kurzdauernde Reize nicht mehr.

Wirkungen der Elektricität auf die Organe und Gewebe des menschlichen Körpers.

Werden die Pole einer galvanischen Batterie oder eines Inductionsapparates an den menschlichen Körper applicirt, so rufen sie eine Reihe von Veränderungen hervor, die je nach den Applicationsstellen, der verwendeten Elektricitätsart (galv. oder ind.), der Stromstärke, Stromdichte und Stromdauer, ferner nach der Beschaffenheit der benützten Stromgeber (trockene Metallrheophoren oder feuchte Schwammkappen-Elektroden) etc. voneinander verschieden sind.

An den Stellen, an denen die Elektroden auf die

Haut aufgesetzt werden, findet 1. stets eine der Stromdichte entsprechende Reizung der sensiblen Hautnerven vom Gefühle des Kitzels bis zur Schmerzempfindung statt. Letztere ist zingernd, prickelnd, schnürend, stechend bei Anwendung des faradischen, brennend bei Benützung des galvanischen Stromes, rascher auftretend und intensiver an der Ka. als an der An.; des ferneren intensiver bei Anwendung trockener als bei Benützung feuchter Elektroden. Die elektrische Schmerzempfindung variirt endlich je nach den Applicationsstellen; sie hängt nämlich von dem relativen Reichthum der betreffenden Hautpartie an sensiblen Nerven ab. Die intensivsten elektrischen Schmerzwirkungen können mit Hilfe des inducirten Stromes erzeugt werden. 2. Werden außer den sensiblen auch noch die motorischen Nerven erregt und es kommt zur Contraction der Hautmuskeln (Hervortreten der Haarbälge) — cutis anserina —; letztere verschwindet rascher bei galvanischer als bei faradischer Reizung der Haut. 3. Findet schließlich auch noch Erregung der vasomotorischen Nerven statt, als deren Folgen an den Applicationsstellen der Stromgeber zunächst Contraction der Gefäße (Anämie), hernach Dilatation derselben (Hyperämie) auftritt. Bei Anwendung größerer Stromesintensitäten und längerer Stromesdauer steigert sich die Hyperämie bis zur Exsudation und Infiltration des Papillarkörpers, zur Bildung von Erythemen und Papeln, die selbst zu größeren Quaddeln zusammenfließen können. Diese Erythembildung und deren Dauer wechselt sehr bei den einzelnen Individuen; bei den einen sind die Erytheme kurzdauernd und auf die Applicationsstelle beschränkt, bei den anderen breiten sie sich über die Applicationsstelle aus, persistiren durch Stunden, ja selbst durch mehrere Tage.

Nach R. Remak, Bollinger und Erb lassen sich bezüglich der Erregung der vasomotorischen Nerven differente Polwirkungen unterscheiden; nach v. Ziemssen sind diese Unterschiede jedoch nicht constant. Bei Anwendung unpolarisirbarer Elektroden erweist sich die Ka. auch hier, wie bei der Erregung der sensiblen Hautnerven, als der physiologisch wirksamere Pol, sowohl was Intensität als Dauer der Erregung betrifft. Constant different ist die Wirkung beider Pole indessen betreff der in den Geweben hervorgerufenen Elektrolyse. Bei Anwendung blanker Metallelektroden bemerkt man an den Applicationsstellen bald ein Confluiren der Papeln zu Quaddeln und Bläschen, deren Inhalt an der An. constant sauere, an der Ka. stets alkalische Reaction zeigt. Bei längerer Einwirkung intensiver Ströme kann es selbst zur Eiterung und Verschorfung der Haut kommen. An der Ka. bildet sich hiebei ein grauer, weicher, an der An. ein harter Schorf.

Bei Application trockener Elektroden auf die trockene Haut vermag der Strom wegen des großen Widerstandes der Epidermis bekanntlich nur durch Haarbälge und Ausführungsgänge der Talg- und Schweißdrüsen in den Körper einzudringen. Hiebei löst er sich in einzelne Stromfäden auf, die sich gleich unter der Haut wieder weiter verzweigen. Waren diese Stromfäden noch imstande, die sensiblen Hautnerven und Hautmuskeln anzuregen, so vermögen sie ihrer geringen Stromdichte wegen nicht mehr auf die tiefergelegenen Muskeln und motorischen Nerven einzuwirken. Verwendet man jedoch wohl durchfeuchtete Schwammkappen-Elektroden und drückt dieselben möglichst stark auf die Haut, so wird vorerst die cutane Empfindung geringer (u. z. einerseits infolge des Druckes, andrerseits, weil durch die Durchfeuchtung die ganze Epidermis erheblich leitungsfähiger wurde, der Strom dieselbe somit fast an allen Punkten der Applicationsstelle zu gleicher Zeit durchdringt, und trotz der nunmehr im ganzen größern Stromstärke an den einzelnen Punkten doch nicht mehr die Dichte besitzt, mit der jeder einzelne Stromfaden bei trockener Epidermis die Hautporen durchbricht) und findet zugleich in zweiter Richtung Erregung der tiefer gelegenen Muskeln und motorischen Nerven statt, weil der Strom sich nunmehr erst in größerer Tiefe in einzelne Stromfäden auflöst. Will man daher die Haut reizen, so muss man dahin wirken, dass der Strom die Haut nur mit einzelnen Stromfäden durchdringt (Anwendung trockener Metallelektroden, z. B. der Duchenne'schen Drahtpinselelektrode); sollen hingegen die Muskeln und motorischen Nerven erregt werden, so benütze man wohldurchfeuchtete Schwammkappen-Elektroden.

Die Application des faradischen Stromes erzeugt in weiterer Folge eine mehr oder minder lang andauernde Änderung der Hautsensibilität, u. z. findet man unmittelbar nach der Faradisation eine Herabsetzung, später eine Erhöhung der Haut- (Tast-) Sensibilität. Nach Anwendung des faradischen Pinsels tritt zunächst eine meist länger dauernde Herabsetzung der Hautsensibilität ein, die dann langsam in eine selbst noch nach 24 Stunden nachweisbare Steigerung der Empfindlichkeit übergeht, die sich durch wiederholte Faradisation bis auf ein bestimmtes Maximum der Empfindlichkeit bringen lässt, das noch nach mehreren Tagen als Dauerwirkung der faradischen Pinselung besteht. Verwendet man jedoch wohldurchfeuchtete Schwammelektroden zur Hautfaradisation, so zeigt sich nach Unterbrechung des Stromes eine nur kurzdauernde Herabsetzung der Empfindlichkeit, die in kürzester Zeit in eine Steigerung derselben übergeht, allein nach längstens 3—4 Minuten ist auch diese Steigerung verschwunden und kehrt die Sensibilität wieder zur Norm zurück (Engländer). Man kann demnach durch Anwendung des faradischen Pinsels eine dauernde Erhöhung der Sensibilität erzielen (Rumpf, Engländer), aus welchem Grunde dem faradischen Pinsel zur Beseitigung von Sensibilitätsstörungen ein ganz hervorragender Platz in der Therapie gebührt. Andererseits ruft faradische Pinselung der Haut mit mittelstarken Strömen sowohl bei Kranken als auch bei Gesunden eine deutliche Herabsetzung der Schmerzempfindung hervor, während die erste Schmerzempfindung oft sogar gesteigert sein kann (Rumpf, Laufenberg).

Auf reflectorischem Wege ruft faradische Pinselung der Haut nach Feinberg zunächst Anämie, hernach Hyperämie der Hirnoberfläche hervor. Rumpf fand, dass infolge der Hautfaradisation Hyperämie der contralateralen Hirnhemisphäre entsteht. Faradisation der Bauchhaut erzeugt Abdominalplethora und Hirnanämie, die sich nach v. Basch bis zur Syncope steigern kann.

Wird die eine der wohldurchfeuchteten Elektroden über die Eintrittsstelle eines **motorischen Nerven** in die Muskeln (cfr. die motorischen Punkte) und die andere mehr weniger entfernt von dieser auf die vorher mit

warmem Wasser befeuchtete Haut aufgesetzt und gegen dieselbe fest angedrückt, so antwortet der von diesem Nerven versorgte Muskel bei entsprechenden Dichtigkeitsschwankungen des benützten Stromes mit Zuckungen. Außerdem lässt sich nach längerer Einwirkung der Elektricität auf den motorischen Nerven noch eine Veränderung seiner Erregbarkeit nachweisen.

Applicirt man beispielsweise die eine der mit warmem Wasser durchtränkten Schwammkappen-Elektroden einer constanten galvanischen Batterie über den Stamm des Nerv. uln. in der Bicepsfurche oder hinter dem medialen Epicondyl, die andere auf das Sternum oder die Patella und wechselt (vorderhand stets bei offener Kette) den Strom, so dass bald die An., bald die Ka. über dem Nerven sich befindet, steigert zugleich allmählich die Stromstärke durch Handhabung des Stromwählers (noch besser durch Benützung eines Metallrheostates in der Nebenschließung oder eines weiter unten zu beschreibenden Gärtner'schen Graphit-Rheostates in der Hauptschließung), so treten bei plötzlichen Öffnungen (Ö) und Schließungen (S) im metallenen Theile der Leitung, je nach der verwendeten Stromstärke, bald an der An., bald an der Ka. (d. i. je nachdem die eine oder andere eben über dem Nerven steht) Zuckungen sämmtlicher vom N. uln. versorgten Muskeln (mit wechselnder Intensität und Dauer) auf. Der knappen Ausdrucksweise willen bezeichnen wir (nach Brenner) die durch Ka. S. erzeugte Zuckung als K S Z und in gleicher Weise die übrigen als K Ö Z (Kathodenöffnungszuckung), A S Z (Anodenschließungszuckung) und A Ö Z (Anodenöffnungszuckung). Die hiebei auftretenden Zuckungen sind bei niederen und mittleren Stromstärken kurz, blitzähnlich, klonisch; bei höheren Stromstärken dagegen überdauern sie mehr weniger den Moment der Schließung und Öffnung und werden tonisch oder tetanisch. Man bezeichnet diese prolongirten Zuckungen als K S Te (Kathodenschließungstetanus), A S Te (Anodenschließungstetanus) etc.

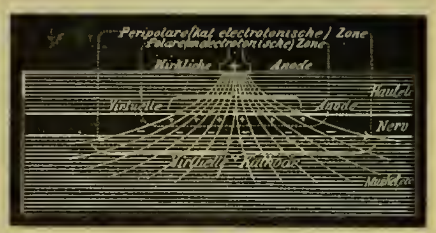
Wurde eine 30 cm^2 messende Plattenelektrode auf das Sternum applicirt und beträgt die Fläche der oberhalb des N. uln. aufgesetzten Elektrode 10 cm^2, so tritt beispielsweise bei einer Stromstärke von 2·5 M. A. die erste K S Z ein; K Ö, A S und A Ö rufen keinerlei Reaction hervor. Steigert man die Stromstärke auf 3·4 M. A., so wird die K S Z intensiver und es tritt bereits die erste A S Z hinzu. Bei 3·5 M. A. beobachtet man bereits A Ö Z. Mit weiterer Steigerung der Stromstärke nimmt die Intensität dieser 3 Reactionen stetig zu, so dass bei 6·3 M. A. die K S Z bereits in deutlichen K S Te übergegangen ist; zu gleicher Zeit hat die A Ö Z das Übergewicht über die A S Z erlangt. Bei 8·2 M. A. tritt auch K Ö Z und bei 15·4 M. A., nahezu der intensivsten Stromstärke, die noch am lebenden Organismus applicirt werden kann, erscheint A S Te.

Die aufeinanderfolgenden Reactionen dieses motorischen Nerven, beziehungsweise der von ihm versorgten Muskeln eines gesunden Mannes sind demnach: K S Z, A S Z, A Ö Z, K S Te, K Ö Z, A S Te. — A S Z und A Ö Z wechseln mitunter in der Reihenfolge ihres Auftretens; so z. B. tritt an gesunden Menschen regelmäßig am N. facial. und uln., die A S Z vor der A Ö Z auf; umgekehrt tritt beim N. accessor., radial. und peron. zumeist die A Ö Z vor der A S Z auf. Bei Steigerung der Stromstärke überwiegt indes, selbst in jenen Fällen, wo anfangs A S Z vor der A Ö Z auftrat, letztere bald über die erstere.

Vergleichen wir das hier entwickelte Zuckungsgesetz des N. uln. bei der vorbesprochenen Polapplication mit dem pag. 238 angeführten Pflüger'schen Zuckungsgesetze, so finden wir bedeutende Unterschiede zwischen beiden. (Bei diesem Vergleiche ist zu erwägen, dass die Reactionen bei Schließungen und Öffnungen des ♂ Str. der Physiologen der Ka. S., beziehungsweise der Ka. O. entsprechen, jene des ♀ Str. dagegen der An. S. beziehungsweise der An. Ö.) Während nun pag. 238 angegeben wurde, dass die Zuckungen lediglich durch das Auftreten des Katelektrotonus und Verschwinden des Anelektrotonus entstehen, dass somit die S Z von der Ka., die Ö Z von der An. abhängen, finden wir bei der vorerwähnten Ulnarisreizung auch A S Z und K Ö Z. Diese Differenz wurde durch die Arbeiten von Helmholtz, Filehne, Erb, Hitzig, de Watteville etc. aufgeklärt und die vollkommene Übereinstimmung des am lebenden Menschen nachweisbaren Zuckungsgesetzes mit dem Pflüger'schen hergestellt. Vorerst ist in dieser Richtung zu erwähnen, dass die Physiologen am isolirten, ausgeschnittenen Nerven ihre Reizungsversuche anstellen, am lebenden Menschen jedoch die Nerven allseitig von gutleitenden Geweben (Muskeln, Blutgefäßen etc.) umgeben sind. Setzt man nun eine Elektrode beispielsweise die An. über dem Nerven auf die Haut, so wird der Strom nach Durchfließung derselben den Nerven noch mit genügender Dichtigkeit erreichen, um beim Eintritte in denselben die Anodenwirkung zu entfalten; beim Austritt aus dem Nerven jedoch wird dieser Strom Effecte verursachen, die der Ka. entsprechen; denn beim Austritt aus dem Nerven entsteht im Gegensatze zu der auf der Haut applicirten actuellen (wirklichen) An. eine virtuelle Ka. (An. bedeutet ja dem pag. 38 Entwickelten zufolge nur den Eintritt in und Ka. nur den Austritt aus einem Elektrolyt. [1])

Es gelangt somit immer in der Nähe des einen Poles auch die des andern zur Wirkung (die polare Zone ist von einer peripolaren Zone mit stetig abnehmender Stromdichte umschlossen), was aus der schematischen Fig. 100 (nach de Watteville) zu ersehen ist. Erwägt man nun, dass die Kathodenreizung viel intensiver ist, als die Anodenreizung, so begreift man nach dem vorliegenden Schema leicht, dass die A S Z eigentlich eine K S Z ist, herbeigeführt durch die virtuelle Ka., die bei gesteigerter Stromstärke (die ja eben zur Auslösung dieser Reactionen erforderlich ist) hinreichende Dichte erlangt, um auf den Nerven erregend wirken zu können. (Denn wie aus der Fig. 100 leicht ersehen werden kann, nimmt die Stromdichte schon in nächster Nähe der aufgesetzten Elektrode rasch ab, da eine Stromvertheilung nach den

Fig. 100.



[1]) Der actuellen An., die auf der Haut applicirt wurde, entspricht vorerst eine virtuelle Ka. beim Austritt des Stromes aus der Haut; diese wird beim Eintritt in den Nerven zur virt. An., beim Austritt aus demselben zur virt. Ka., beim Eintritt in den Muskel abermals zur virt. An. und beim Austritt aus demselben wieder zur virt. Ka. u. s. f., so oft der Strom eine neue Schichte durchsetzt. Ist jedoch von virt. Polen kurzweg die Rede, so werden hierunter nur die am Nerven oder am Muskel (je nachdem es die Erregung des einen oder andern betrifft) auftretenden Pole verstanden und die in den Zwischengeweben zwischen der Applicationsstelle und dem Nerven oder Muskel entstehenden nicht weiter berücksichtigt.

pag. 70 besprochenen Gesetzen stattfindet; je weiter hiebei die einzelnen Stromfäden auseinander weichen, desto geringer wird die Stromdichte bei gleichbleibender Stromstärke, aus welchem Grunde eben zur Erzielung einer für die Nerven- oder Muskelerregung hinreichenden Stromdichte eine entsprechende Steigerung der Stromstärke nöthig ist.) Dass bei sehr hohen Stromstärken K Ö Z auftreten, lässt sich ebenfalls aus der schematischen Fig. 100 erklären. Bei sehr starken Strömen breitet sich nämlich das Gebiet des Anelektrotonus (cfr. pag. 237) bis in die Nähe der Ka. aus; diese kann wegen der gesetzten hochgradigen Erregbarkeitsverminderung gar nicht mehr auf den Nerven einwirken, sondern es gelangt hier vielmehr nur die virtuelle An. zur Wirkung, die durch ihr Verschwinden eine Zuckung herbeiführt, so dass die beobachtete K Ö Z abermals eigentlich nur eine A Ö Z ist.

Im Zuckungsgesetze des motorischen Nerven eines normalen, lebenden Menschen lassen sich somit (bei zunehmender Stromesintensität) mehrere Stadien unterscheiden. Brenner, Erb u. A. unterscheiden hauptsächlich drei Zuckungsphasen: es treten nämlich bei schwachen Strömen (s. o.) nur K S Z, bei mittelstarken auch noch A S Z und A Ö Z und bei starken Strömen endlich außer den früheren noch K Ö Z auf.

Jede Muskelzuckung ist das Product aus der Erregbarkeit des Nerven oder Muskels (beziehungsweise der Reizgröße des angewendeten Poles) und der jeweiligen Stromdichte an der Applicationsstelle. Nehmen wir mit Erb und de Watteville die erregende Wirkung der Ka. auf den Nerven mit 1 und jene der An. mit $1/2$, ferner die Stromdichte der polaren Zone mit 1 und jene der peripolaren mit $1/2$ an, so beträgt die Intensität der K S Z als noch von der actuellen Ka. ausgehend: (Reizgröße der Ka.) $1 \times$ (Dichte der polaren Zone) $1 = 1$; die A Ö Z hängt von der act. An. ab, ihre Intensität ist demnach: (Reizgr. der An.) $1/2 \times$ (D. d. pol. Z.) $1 = 1/2$; die A S Z hängt dem Vorhergesagten zufolge jedoch nicht von der An., sondern von der virt. Ka. ab, ihre Intensität ist demnach: (Reizgr. d. Ka.) $1 \times$ (D. d. peripol. Z.) $1/2 = 1/2$. Die K Ö Z endlich hängt, wie oben auseinandergesetzt, von der virt. An. ab; ihre Intensität beträgt somit: (Reizgr. d. An.) $1/2 \times$ (D. d. peripol. Z.) $1/2 = 1/4$. Die Intensität der vier Zuckungen bei gleicher Stromstärke beträgt demnach für die K S Z 1 (bzw. 4), für die A Ö Z $1/2$ (bzw. 2), für die A S Z ebenfalls $1/2$ (bzw. 2) und für die K Ö Z endlich $1/4$ (bzw. 1).

Von den oben genannten Reactionen sind nur zwei, näml. K S Te und A S Te Wirkungen des fließenden Stromes.[1]) Alle übrigen jedoch treten bei Dichtigkeitsschwankungen desselben auf, u. z. nach dem Du Bois-Reymond'schen Gesetze mit desto größerer Intensität, je größer (steiler) und plötzlicher diese Dichtigkeitsschwankungen verlaufen. Daher wirken vorzugsweise Schließungen und Öffnungen im metallenen Theile der Leitung, hernach Stromwendungen (Volta'sche Alternativen = V. A.), sowie die Inductionsströme auf die motor. Nerven erregend ein. Besonders erregend wirken V. A., bei deren Anwendung außerdem noch die Erregbarkeit des Nerven gesteigert wird, infolge dessen die Muskelzuckungen mit größerer Intensität auftreten, als bei einfachen Schließungen und Öffnungen des Stromes. Wird nämlich bei stehenden Elektroden der Strom im metallenen Theile der Leitung plötzlich gewendet, so wechseln die pol. und peripol. Zonen; die vorher anelektrotonische Nervenstrecke wird durch den Stromwechsel katelektrotonisch und umgekehrt. Zum Reize, der durch das Verschwinden des Anelektrotonus entsteht, gesellt sich der Reiz des Auftretens des Katelektrotonus, während bei einfachen Schließungen und Öffnungen nur einer dieser beiden Reize auf eine bestimmte Nervenstrecke erregend einwirkt. Einzelne Inductionsschläge wirken gleich den K S des constanten Stromes auf den motor. Nerven und erzeugen, vermöge ihrer großen Dichtigkeitsschwankungen, zumal die Ka. der steiler verlaufenden Öffnungs-Inductionsschläge, recht ausgiebige Muskelzuckungen, die bei freiem Spiel des Hammers ineinander fließen, in welchem Falle eine tetanische Muskelcontraction eintritt, die solange andauert, als der Inductionsstrom fließt. Hingegen gehen von der An. keine Ö Z aus, weil wegen der Kürze der Schließung sich kein Anelektrotonus ausbilden kann. Die Inductionsströme werden daher von Menschen auch nur an der Ka. schmerzhaft empfunden (Chanveau).

---

[1]) Nach Grützner werden auch die gefäßerweiternden Nerven durch den constant fließenden Strom erregt.

Die Muskeln sind außer vom motor. Nerven aus auch noch direct erregbar. Die indirecte Reizung des Muskels nannte man ehedem Motricität (Flourens) im Gegensatze zur directen Muskelreizung, der elektromuskulären Contractilität (Duchenne). Als elektromuskuläre Sensibilität bezeichnete Duchenne das bei der elektrischen Muskelreizung auftretende (vom Hautgefühle vollkommen unabhängige) Contractionsgefühl.

Vollkommen isolirte Muskelreizung ist unter normalen Verhältnissen am lebenden Menschen fast gar nicht möglich; denn, wenn man auch den sogenannten motorischen Punkten ausweicht, so werden beim Versuche isolirter Muskelreizung doch immer auch die intramuskulären Nerven mitgereizt, aus welchem Grunde dem Muskel kein anderes Zuckungsgesetz zukommen kann, als das des motorischen Nerven (v. Bezold, Biedermann, Engelmann, Hering). Unter pathologischen Verhältnissen gelingt es allerdings den Muskel mit Ausschluss des Nerveneinflusses direct zu reizen; allein es gestatten diese pathologischen Reactionen keinen Rückschluss auf das normale Verhalten der Muskelsubstanz dem elektrischen Strom gegenüber. Wo es annähernd gelingt, die Muskelsubstanz mit möglichstem Ausschluss des Nerveneinflusses direct zu reizen (z. B. an sehr großen Muskelmassen), treten wesentliche Unterschiede zwischen den Reactionen der directen und jenen der indirecten Muskelreizung zutage. Bei indirecter Erregung zuckt nämlich der ganze Muskel, alle Fasern ihrer ganzen Länge nach, bei directer Reizung dagegen bloß die zwischen den Conductoren gelegenen oder gar nur die von diesen berührten Partien desselben. Wie bereits erwähnt, treten die erregend wirkenden elektrotonischen Veränderungen bei Muskeln nur innerhalb der intrapol. Strecke, u. z. viel langsamer als beim motorischen Nerven auf. Es antwortet demnach der Muskel noch schwerer als der Nerv auf kurzdauernde Ströme, aus welchem Grunde die directe Reizung desselben mit dem Inductionsstrome schwer oder gar nicht gelingt, wogegen einfache Schließungen und Öffnungen des galv. Str. ihn noch zu erregen vermögen; schnellschlägige Inductionsströme dagegen, sowie sehr kurzdauernde (momentane) galv. Str., sind nicht imstande, die Muskelsubstanz direct zu erregen (Neumann, v. Ziemssen). Schwache galv. Str. erzeugen bei directer Muskelreizung auch nur S Z, mittelstarke Ströme S Z und Ö Z, wogegen die stärksten Ströme länger andauernde tonische Contractionen verursachen. Die K S Z. prävalirt bedeutend über die A Ö Z ist aber nicht weit entfernt von der A S Z, ja es tritt sogar diese mitunter früher auf als jene (zumal in großen Muskelmassen, in denen die virt. Ka. aller Stromfäden durch den Muskel gehen und so an vielen Punkten zugleich auf die Muskelsubstanz erregend einwirken). Der Charakter der Muskelzuckungen bei directer Reizung derselben unterscheidet sich durch die Tendenz zu Dauerreactionen (Te.) von den blitzähnlichen, rasch ablaufenden Zuckungen bei der indirecten Reizung. Doch sind diese rasch beginnenden und langsam abklingenden Zuckungen wesentlich verschieden von den bei der Nervendegeneration auftretenden (und später noch des nähern zu besprechenden) trägen, wurmartig verlaufenden Muskelzuckungen (der Entartungsreaction).

Außer diesen erregenden Wirkungen äußert der elektrische Strom auf motorische Nerven und Muskeln auch noch Dauerwir-

kungen. Diese bestehen in (nachhaltiger) Steigerung, bzw. Herabsetzung der Erregbarkeit des motorischen Nerven sowohl für elektrische als auch für anderweitige (mechanische, thermische, chemische etc.) Reize, in Herabsetzung der Leitungsgeschwindigkeit und Leitungsfähigkeit der motorischen Nerven für gewisse Reize, in Ermüdung der Nerven und Muskeln in Steigerung der Circulation und des Stoffwechsels, sowie in Wärmeproduction und Volumszunahme des Muskels.

Steigerung seiner Erregbarkeit erfährt der motorische Nerv durch den galvanischen Strom, wenn dessen Dichtigkeitsschwankungen nach Intensität und Dauer ein gewisses Maß nicht überschreiten, also durch Einwirkung mäßig starker Ströme bei mit nicht zu großer und nicht zu kleiner Geschwindigkeit erfolgenden Dichtigkeitsschwankungen (Wundt); bei allzu rasch aufeinanderfolgenden und erheblicheren Dichtigkeitsschwankungen hingegen wird die Erregbarkeit der motorischen Nerven rasch herabgesetzt (Brown-Séquard).

Betreff der Erregbarkeitssteigerung unterscheidet Brenner 3 Stadien, nämlich: die primäre Erregbarkeit, ausgedrückt durch die Minimalstromstärke für die 1. KSZ, secundäre Erregbarkeit, d. i. eine Erregbarkeitssteigerung, hervorgebracht durch längeres Durchfließen des Nerven und öftere Schließungen und Öffnungen des Stromes; die Minimalstromstärke für die 1. KSZ ist hier geringer als bei der primären Erregbarkeit; endlich die tertiäre Erregbarkeit, d. i. eine Erregbarkeitssteigerung nach V. A., ausgedrückt durch die Minimalstromstärke (geringer als bei der secundären) für die 1. KSZ. Die Ursachen dieser Erregbarkeitssteigerungen wurden früher (V. A.) auseinandergesetzt; übrigens spielt hier auch noch die Herabsetzung des L. W. der Haut durch längern Stromdurchgang und bessere Durchfeuchtung derselben mit eine (nicht unbedeutende) Rolle.

Jeder constante Strom, der einen motorischen Nerven eine Zeitlang durchströmt, versetzt denselben in einen Zustand, in dem seine Erregbarkeit für die Öffnung des einwirkenden und die Schließung des entgegengesetzten Stromes erhöht, dagegen für die Schließung des ersteren und Öffnung des letztern herabgesetzt erscheint (Rosenthal). Die bereits erwähnte, erfrischende Wirkung des constanten Stromes auf ermüdete und erschöpfte motorische Nerven und Muskeln (Heidenhain) wurde durch Cyon und Poore auch für die Muskeln des lebenden Menschen nachgewiesen. Circulationsänderungen, herbeigeführt durch den galvanischen (aber nicht durch den inducirten) Strom sind seit R. Remak jedenfalls sicher gestellt. Sie beruhen auf Reizung der Vasoconstrictoren und Vasodilatatoren; erstere bewirkt Verengerung der Blutgefäße, letztere Erschlaffung der Gefäßwände und vorübergehende Hyperämie (ohne Stockung des Blutkreislaufes) und beeinflußt hiedurch in durchgreifender Weise die Ernährungsverhältnisse und den Stoffwechsel, zumal im Muskel. Zunahme chemischer Vorgänge, wie Steigerung der Kohlensäure-Production, der Sauerstoffaufnahme (Ludwig, Sczelkow), der Production von Paramilchsäure (Du Bois, Heidenhain), ferner Zunahme der alkoholischen Extractivstoffe (Helmholtz) und des Wasserreichthums im galvanisirten Muskel sind vielfach bewiesen worden. Durch Faradisation wird stets eine erhebliche Steigerung der Temperatur und deutliche Volumszunahme der contrahirten (quergestreiften und glatten) Muskeln hervorgerufen. Galvanisation erzeugt nur dann Temperaturerhöhung im Muskel, wenn dieser zugleich zuckt. Somit ist die Temperaturzunahme des Muskels eine secundäre Wirkung der Elektricität und hängt zunächst von der Muskelcontraction ab, die erst den Stoffwechsel anregt, die Circulation und die Oxydationsvorgänge beschleunigt, Wärme erzeugt und so den Muskel zu

gesteigerter Leistung befähigt. Nach Aufhören der Contraction fühlen sich die gereizten Muskeln prall an und zeigen eine noch einige Zeit andauernde Volumszunahme, wie nach forcirten Schwimm-, Fecht- und Turnübungen (infolge der nun stärkern Füllung der vorhin contrahirt gewesenen Blutgefäße und der hiedurch bedingten vermehrten Plasmaausscheidung). Auf der Änderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit überhaupt und Aufhebung der Fortpflanzungsfähigkeit für bestimmte Reize, beruht die sogenannte krampfstillende, lähmende Wirkung des galvanischen Stromes, wonach Durchleitung eines const. stab. galv. Str. durch den motorischen Nerven eines tetanisirten Muskels den Tetanus rasch aufhebt, somit den durchströmten Nerven unfähig macht, die Erregung, welche tetanische Krämpfe hervorruft, fortzuleiten. In gleicher Weise lässt sich der Starrkrampf nach Strychninvergiftung durch den galv. Str. lösen oder aufhalten, gleichwie ein den Nerven constant durchfließender galv. Str. diesen unfähig macht, die die Zuckung hervorrrufende Bewegung fortzuleiten (Nobili, Matteucci, Valentin, Eckhard, J. Ranke).

Die Empfindungsnerven reagiren auf den elektr. Strom mit ihren specifischen Energien, u. z. sowohl auf Stromesschwankungen, als auch bei stabiler Durchströmung (Du Bois-Reymond).

Von den Erregungserscheinungen sensibler Nerven an den Applicationsstellen der Rheophoren sind die excentrischen Erregungen der Nervenstämme selbst zu unterscheiden. Die erstern rühren einerseits von der Erregung der cutanen Nervenendigungen, anderseits von der Hautelektrolyse (cfr. pag. 240) her. Zu den excentrischen Schmerzempfindungen sind auch die Reflexe, sowie die sogenannte elektromuskuläre Sensibilität zu zählen.

Fixirt man die eine Elektrode über einem Empfindungsnerven (z. B. dem N. supraorb. oder einem Digitalnerven), die andere auf dem Sternum und notirt die excentrischen Sensationen bei zunehmender Stromstärke und Wechsel der Pole über dem Nerven, so findet man ein dem motor. Nerven des lebenden Menschen ähnliches Reactionsgesetz, indem zuerst KSS (Kathodenschließungssensation), sodann ASS, AÖS und schließlich KÖS auftritt (Grützner, de Watteville, Rossbach etc.). Dabei treten aber auch noch Schmerzempfindungen während der ganzen Durchströmungsdauer, zumal an den Applicationsstellen, u. z. schon bei geringen Stromstärken (0·3—0·6 M. A., Bernhardt), sowie bei Anwendung des Inductionsstromes in beiden Fällen, vorzugsweise an der Ka. und hauptsächlich bei der Verwendung des Pinsels auf.

Außer den excentrischen Sensationen sind u. a. noch folgende Reactionen sensibler Nerven gegen elektrische Reize zu verzeichnen: Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes, an curarisirten Hunden ruft reflectorische Blutdrucksteigerung und Pulsbeschleunigung hervor; Durchleitung eines ⇅ Stromes durch den Vagus morphinisirter Kaninchen ruft verlangsamte Athmung und Exspirationsstillstand hervor (Rossbach).

Die Sinnesapparate reagiren auf elektrische Reize mit ihren specifischen Sinnesenergien u. z. das Auge mit Lichterscheinungen, das Ohr mit Gehörsreactionen und der Geschmacks- und Geruchssinn mit Geschmacks-, bezw. Geruchswahrnehmungen. Diese Sinnesempfindungen werden vorzugsweise durch den galv. Str. erzeugt; auf schwache faradische Ströme reagiren die Sinnesorgane fast gar nicht, bei Application starker Inductionsströme dagegen tritt die durch Erregung der sensiblen Hautnerven hervorgebrachte Schmerzempfindung so sehr in den Vordergrund, dass sie jedwede Sinneswahrnehmung stört und oft ganz unmöglich macht.

Das Auge antwortet schon bei schwachen galv. Strömen, die in seiner Nähe applicirt werden, ja selbst auf Stromschleifen vom Hals,

Nacken, Brust oder Rücken mit Phosphenen (intraoculären Licht- und Farbenerscheinungen). Seit Volta das Auftreten des Lichtblitzes bei Application des galv. Str. auf das Auge entdeckte, beschäftigten sich zahlreiche Forscher mit dem Studium dieser Erscheinungen (Ritter, Grapengiesser, Reinhold, Purkinje, Joh. Müller, Brunner, Funke, Helmholtz, Brenner, Neftel u. A.). Das Resultat dieser Untersuchungen besteht darin, dass wenn der eine Pol in der Nähe des Auges (z. B. auf die geschlossenen Lider), der andere entfernt hievon (am Sternum oder Nacken) applicirt wird, und man nun allmählich mit der Stromstärke ansteigt, das Auge auf Schließungen und Öffnungen des Stromes für jeden Pol mit einer Licht- und ganz specifischen Farbenerscheinung reagirt. Die letztere ist verschieden bei verschiedenen Personen, aber gewöhnlich gleich bei einer und derselben, und tritt zumeist als eine centrale farbige Scheibe, umgeben von einem schmalen, lichteren farbigen Hofe auf. Letzterer ist lichtschwächer als die centrale Scheibe, tritt überhaupt erst bei stärkern Strömen deutlich auf und verschwindet bei Verminderung der Stromstärke auch wieder zuerst. Er ist desto lichtschwächer und schmäler, je geringer die Stromstärke und je größer die Entfernung beider Pole ist. Diejenige Farbe, welche bei der Application eines Poles in der Nähe des Auges das Centrum des Lichtbildes erfüllt, bildet bei Application des andern Pols den Hof und umgekehrt. Das K S B (Kathodenschließungsbild) entspricht dem A Ö B und das A S B dem K Ö B. Brenner beobachtete an sich bei K S und A Ö ein hellblaues Centrum mit gelbgrünem Hofe und bei A S und K Ö ein gelbgrünes Centrum mit hellblauem Hofe. Diese Reactionen müssen, seitdem v. Ziemssen die vorzügliche Leitungsfähigkeit der Bulbi nachgewiesen, entschieden als directe Erregungen der Retina durch den galv. Str. angesehen werden. Ehedem glaubte man diese Erscheinungen als Resultate reflectorischer Erregung der Netzhaut ansehen zu sollen.

Den Thierversuchen Gerlach's, Bernstein's, Engelhardt's u. A. zufolge lassen sich die Pupillen durch Application drahtförmiger Elektroden des faradischen Stroms auf die Cornea, je nachdem die circulären, innern (vom N. oculom.) oder die radiären, äußern (vom N. symp. versorgten) Zonen derselben zur Erregung gelangen, verengern, bzw. erweitern. Durch ein ähnliches Verfahren an narcotisirten Menschen konnte Verengerung der Pupillen zweifellos nachgewiesen werden.

Der Gehörnerv ist trotz seiner knöchernen Umhüllung nachgewiesenermaßen, wenn auch erheblich schwerer denn der Sehnerv durch den galv. Str. direct erregbar und antwortet auf gewisse Stromesschwankungen durch ganz bestimmte entotische Gehörssensationen. Schon die ältesten Galvaniker beschäftigten sich mit dem Studium dieser Phänomene, ohne indes zu einem definitiven Resultate gekommen zu sein. Brenner, der diese Frage nach Sichtung eines diesbezüglichen, seit 70 Jahren aufgestapelten Materials abermals aufnahm und der Erforschung derselben viel Fleiß und Mühe, Ausdauer und Liebe gewidmet, kam in seiner classischen Arbeit „Untersuchungen und Beobachtungen aus dem Gebiete der Elektrotherapie, Leipzig 1868“ zu folgendem Resultate: Bei Application der Pole eines constanten Stromes u. z. so, dass der eine im oder am Ohre, der andere entfernt davon sich befindet, antwortet der (gesunde) Hörnerv nur auf K S und kurze Zeit auf K D, sodann auf A Ö (aber nicht auf K Ö, A S oder A D) mit einer

von verschiedenen Versuchspersonen, je nach deren Individualität und Intelligenz, nach Art und Intensität verschieden angegebenen Gehörssensation.

Die intraauriculäre Polapplication mit Hilfe der pag. 218 beschriebenen Ohrelektroden, sowie die (von Brenner angegebene und von Wreden ausgeführte) intratubale Polapplication bringen viele unangenehme Nebenerscheinungen hervor, aus welchem Grunde sich zur elektrischen Untersuchung des Gehörapparats besser die Erb'sche äußere Polapplication eignet, welche darin besteht, dass der differente Pol mittels scheibenförmiger Elektrode auf den Tragus aufgesetzt wird (ohne die Ohröffnung ganz zu verschließen), während die indifferente Elektrode in Form einer breiten Platte auf dem Nacken ruht. Schaltet man gleich anfangs eine größere Anzahl von Elementen mit einem absoluten Galvanometer in die Hauptschließung, und einen Metallrheostat in die Nebenschließung (oder statt dessen noch besser einen Gärtner'schen Graphit-Rheostat in die Hauptschließung), verstärkt sodann mit Hilfe des Rheostates nach und nach die Stromstärke und bewirkt die Stromschließungen und -Öffnungen im metallenen Theile der Leitung (Commutator), so reagirt der Hörnerv zunächst mit einem sofort bei Kettenschluss auftretenden K S Kl (d. h. einem bestimmten accentuirten Klang bis Ton), sodann während des Stromschlusses mit K D Kl $>$ (d. h. der bei der K S auftretende Klang verschwindet nach der Schließung erst nach und nach) und endlich mit einem erst nach längerer vorausgegangener Schließung auftretenden A Ö kl (d. h. einer, im Charakter dem K S Kl ähnlichen aber schwächeren und rasch verschwindenden Gehörssensation). Hingegen wird der gesunde Gehörnerv durch A S, A D und K Ö nicht erregt. Inductionsströme, zumal die secundären Öffnungsströme, weniger die secundären Schließungs-Inductionsströme, wirken jedoch nur als einzelne Schläge auf den Gehörnerv erregend ein; doch lassen sich die Reactionen derselben wegen der Kürze ihrer Stromesdauer nicht deutlich unterscheiden.

Die hiebei wahrnehmbaren Schallempfindungen sind entweder Geräusche oder Klänge, mitunter sogar genau definirbare Töne. Gewöhnlich geben die Untersuchten an, ein unbestimmtes Brummen, Rollen, Pfeifen, Schnurren, Sausen oder näher qualificirbare Geräusche, wie, Windesrauschen, Wassersieden, Bienensummen (Erb), seltener ein ganz deutliches Klingen zu hören. Galv. Reactionen des Gehörnerven an Gesunden gelingen indes zumeist nur bei Anwendung größerer Stromstärken (4—8 M. A., ja oft sogar erst bei noch höhern) und erfordern eine gewisse Intelligenz und guten Willen seitens der Untersuchten, sodann tadellose Apparate, eine gute Behandlung derselben, sowie Geschick, Geduld und Objectivität seitens der Untersuchenden selbst. Trotz alledem misslingen viele Versuche wegen der bei Acusticusreizung, zumal bei der inneren Polapplication (seltener bei der Erb'schen äußern), auftretenden, unangenehmen Nebenerscheinungen, als Schmerzempfindungen (durch Reizung der sensiblen Nerven, z. B. des N. auriculotemporal.), Gesichtsmuskelzuckungen (durch Facialisreizung), Lichtempfindungen (durch Opticusreizung), Schwindel (durch Gehirnreizung), Speichelfluss (durch Reizung der die Submaxillardrüse versorgenden Chorda tympani), ferner Schluckbewegungen, Hustenanfälle, Geschmacksempfindungen etc.

Aus diesem Grunde waren die Resultate der Brenner'schen Studien mehrfach angegriffen, so z. B. von Schwartze, Sycyanko, Bettelheim, Schwanda, Schultz, Wreden, Benedikt, Hensen etc., von denen die einen eine reflectorische und nicht directe Erregung des Gehörnerven zugeben, andere die Richtigkeit der Brenner-schen Normalformel bestreiten, wieder andere endlich diese zwar bestätigen, aber gar nicht auf Reizung des Gehörnerven, sondern der schalleitenden Apparate etc. zurückführen u. s. w. In ihrem ganzen Umfange wurden die Brenner'schen Angaben andrerseits bestätigt und die gegen dieselben erhobenen Einwürfe gründlich widerlegt von Erb, v. Ziemssen, Hagen, Moos, Eulenburg, Picot, Gasfinkel, Hedinger, Hitzig, Erdmann, Kiesselbach, Buccola u. A. Neuestens sucht Kiesselbach die bei KS und AÖ auftretenden Gehörssensationen, die stets dem Resonanztone des schalleitenden Apparats entsprechen sollen, dadurch zu erklären, dass er annimmt, dass dieser Resonanzton immer vorhanden ist und nur durch die centrale Reizgewöhnung im physiologischen Zustande nicht vernommen werde, aber zur Wahrnehmung komme, sobald durch das Auftreten des Katelektrotonus oder das Verschwinden des Anelektrotonus die peripheren Acusticusendigungen eine Steigerung ihrer Erregbarkeit erfahren haben; so ließe sich dem Pflüger'schen Zuckungsgesetze entsprechend die Brenner'sche Normalformel erklären. In pathologischen Fällen erweist sich dagegen der Acusticus oft bedeutend erregbarer und lassen sich hier sowohl die Normalformel als auch mancherlei pathologische Reactionen (paradoxe Formeln, qualitative Veränderungen, sowie Umkehr der Normalformel) mit Leichtigkeit hervorrufen.

Die elektrische Erregung der Geschmacksnerven ist seit dem M. Sulzer'schen Versuche (1752) bekannt. Er applicirte die Enden eines Kupfer-Zinkstreifens an die Zunge und nahm an beiden Berührungsstellen deutliche Geschmacksempfindungen wahr, die er auf eigenthümliche Vibrationen zurückführte; Volta deutete diesen Versuch richtig, als eine physiologische Einwirkung der Elektricität auf die Zunge. Applicirt man die Pole eines galv. Str. an die Zunge oder an die Wangen, so nimmt man an der Ka. einen mehr weniger deutlich laugenhaften, an der An. hingegen einen deutlich sauern Geschmack wahr. E. H. Weber suchte diese Geschmacksempfindungen durch Elektrolyse der Mundflüssigkeiten und durch Geschmackserregung seitens der am + Pole sich ausscheidenden (sauern) Anionen, bezw. der am — Pole auftretenden (alkalischen) Kationen zu erklären. Diese Anschauung wurde durch J. Rosenthal widerlegt und durch eine physiologische Erklärung dieser Geschmacksempfindung ersetzt, der zufolge sie durch directe Erregung der Endigungen der Geschmacksnerven (die ebenfalls mit ihren specifischen Sinnesenergien auf den elektr. Reiz in gesetzmäßiger Weise antworten) ausgelöst werden. Hiebei stützt sich Rosenthal hauptsächlich auf die Thatsache, dass die besprochenen Geschmacksempfindungen sich auch durch Application der Pole, entfernt von der Zunge und den Wangen, namentlich im Nacken, am Rücken etc. auslösen lassen, und nicht nur während der Stromdauer, sondern auch nach Unterbrechung des Stroms u. z. selbst noch stundenlang (wie z. B. nach dem Elektrisiren am Kopfe), persistiren.

Über elektrische Erregung **der Geruchsnerven** wusste man bislang nichts Gewisses. Erst durch die unter E. Remak's Leitung von Aronsohn ausgeführten Versuche wurde entschieden, dass auch der Geruchsnerv elektrisch erregbar ist und auf Stromschwankungen in gesetzmäßiger Weise mit specifischen Geruchsempfindungen reagirt. Aronsohn füllte die Nasenhöhle mit einer schwachen 38° C. warmen Kochsalzlösung, applicirte eine olivenförmige Elektrode in die Nasenhöhle und schloss mit breiter Elektrode die Kette an der Stirne. Die bei Kettenschluss und Kettenöffnung auftretenden Reactionen erwiesen sich vollkommen analog der Brenner'schen Acusticus-Normalformel. Die bei

K S und A Ö auftretenden Geruchssensationen waren ganz specifisch, aber weder dem Phosphor noch andern, von frühern Experimentatoren bei elektrischer Reizung der Schneider'schen Membran auftretenden Gerüchen vergleichbar. K S G (Kathodenschließungs-Geruchssensation) erfolgte schon bei 0·1 M. A., A Ö G bei 0·2 M. A. Inductionsströme erwiesen sich hiebei als vollkommen wirkungslos.

Die Möglichkeit der elektr. Beeinflussung **des centralen Nervensystems** (Gehirn und Rückenmark) wurde eine Zeitlang geläugnet; durch die Versuche von Erb, Bettelheim, Burckhardt und v. Ziemssen wurde jedoch nachgewiesen, dass bei den von den Ärzten zu therapeutischen Zwecken üblichen Applicationen galv. Str. am Kopfe in der Intensität, wie sie auch sonst zu Heilzwecken verwendet werden, erhebliche Stromschleifen durch den Schädel gehen, so dass man vom bloßgelegten Gehirn objectiv nachweisbare Stromzweige ableiten kann, deren Richtung durch Wendung des applicirten Stroms ebenfalls umgekehrt wird. Das Gleiche gilt auch betreff des Rückenmarks.

Die Durchströmbarkeit des Gehirns wurde indes schon vor diesen classischen Beweisen von Grapengiesser angenommen, von Reinhold durch Experimente an einem Trepanirten sicher gestellt und von Brenner und Benedikt auf Grund klinischer Thatsachen vorausgesetzt.

Was die Einwirkung elektr. Str. auf das Centralnervensystem anbelangt, so kommt hier vorzugsweise der galv. Str. in Betracht zu ziehen; der farad. Str. dagegen äußert, wie auf die Sinnesorgane auch auf Gehirn und Rückenmark nur ganz geringe Wirkungen.

Die Wirkungen galv. Str. auf das menschliche **Gehirn** bei Application der Pole an die unverletzte Kopfhaut, variiren oft sehr bedeutend u. z. hauptsächlich je nach der Intensität und Dauer der angewendeten Ströme, aber auch je nach der verschiedenen Individualität und Disposition der Versuchsperson. Zumeist tritt zuerst infolge Reizung der sensiblen Nerven der Kopfhaut eine Schmerzempfindung an den Applicationsstellen (vorzugsweise an der Ka.) auf; sodann folgen: Erregungen der Sinnesorgane (galv. Gesichts- und Geschmacks-, seltener auch noch Gehörsreactionen), Schwindel, vom Gefühl des Eingenommenseins des Kopfes und der Unbesinnlichkeit bis zu Scheinbewegungen der Gesichtsobjecte, associirten Augenbewegungen, Schwankungen des Körpers und Betäubung, Übelkeit bis zum Erbrechen, Gesichtsblässe und Gefühl der Müdigkeit und Schläfrigkeit bis zur Ohnmacht. Bei zu starken Strömen, sowie zu langer Applicationsdauer treten noch auf: Kopfweh, zumal Hinterhaupts-Kopfschmerz, Schlaflosigkeit, Gefühl von Missbehagen, Congestion zum Kopfe, ja selbst Convulsionen, eklamptische Anfälle und Gehirnhämorrhagien. Außer diesen werden als weitere Folgen der Kopfgalvanisation erwähnt: Zahnschmerzen, Ausfallen der Zähne (?) und Erblindung. Endlich sind noch hieher zu rechnen die durch Thierversuche objectiv nachweisbaren Änderungen der Bluteirculation an den Hirnhäuten, therapeutische Erfolge, sowie modificirende (erregbarkeitsverändernde) Wirkungen des galv. Str. auf das Gehirn.

Der Schwindel ist jedenfalls eines der hervorragendsten und am längsten bekannten Symptome der Hirngalvanisation. Schon Augustin besprach denselben, Purkinje suchte ihn bereits zu erklären, Brenner beobachtete ihn häufig bei seinen galv. Acusticuserregungen als unerwünschte Complication und präcisirte die Polstellungen, die vorzugsweise, und jene, die fast nie Schwindel erzeugen. Völlige Klarheit über diesen Gegenstand brachte indes erst Hitzig. Nach Brenner tritt der galv. Schwindel am leichtesten ein, wenn der Strom quer durch die beiden Foss. mast. geleitet wird, oder

wenn der eine Pol in der einen Foss. mast., der andere an einer indifferenteu Körperstelle ruht; außerdem tritt uoch galv. Schwindel ein, wenn die die beiden Pole verbindende Linie mit der Sagittalebene des Schädels einen Winkel einschließt. Dagegen tritt kein Schwindel auf, bei reinen Längsleituugen des Stromes parallel mit der Sagittalebene (z. B. von der Stirne zum Nacken) oder bei reiner Querleitung durch die Schläfen. Auch tritt nie Schwindel ein, wenn eine Zuleitungsschnur getheilt und mit zwei Polendeu versehen wird, so dass stets zwei gleichnamige Pole am Kopfe applicirt werdeu können, während der indifferente Pol an einer beliebigen Körperstelle ruht. Inducirte Ströme erzeugen nie Schwindel, der galv. Schwindel tritt sofort bei Kettenschluss ein und dauert noch einige Zeit über denselben. Er nimmt zu bei Steigerung der Stromstärke oder bei V. A. Bei der Kettenöffnung tritt nur leichter und kurzdauernder Schwindel ein. Bei den Scheinbewegungen der Gesichtsobjecte kreisen diese zumeist in einer frontalen (seltener in einer horizontalen) Ebene, u. z. fand Purkinje, dass, wenn beide Elektroden an je einem Ohre sich befanden, die Gesichtsobjecte bei Kettenschluss an der Anodenseite aufsteigen und an der Kathodenseite herabsteigen. Bei Ketteuöffuung dagegen scheinen sie in entgegengesetzter Richtung zu rotiren. Die Augenbewegungen treten nach Hitzig zumeist bei Querleitung durch den Hinterkopf oder die Foss mast., zumal bei V. A., auf. Dieselben sind associirte, nystagmusartige Rotationen der Bulbi, u. z. erfolgt im Momente des Kettenschlusses eine ruckartige Bewegung derselben nach der Kathodenseite, während der Stromdauer dagegen drehen sie sich langsam gegen die Anodenseite; bei starken Strömen jedoch bleibt diese letztere Bewegung aus und es persistirt die Kathodenstellung, in der die Bulbi auch während der Stromdauer mit schwacher Oscillation fixirt bleiben. Objectiv wahrnehmbares, der Versuchsperson bewusstes und durch scheinbare Aufhebung der Schwere der einen Körperhälfte bedingtes Schwanken des Körpers tritt als Theilerscheinuug des Schwindels, bei Kettenschluss nach der Anodenseite, bei Kettenöffuung nach der Kathodenseite hin, auf. Bei geschlossenen Augen ist die subjective Empfindung des Schwankens größer als das factische Schwanken des Körpers selbst. Convulsionen und eklamptische Anfälle infolge der Hirngalvanisation, beobachtete Benedikt; Löwenfeld fand bei seinen Thierversuchen häufig allgemeine Convulsionen infolge percutaner Hirngalvanisation. Hirnhämorrhagien nach Galvanisation des Kopfes constatirten Brenner, Benedikt, Rosenthal, Duchenne, Hiffelsheim etc. Über einen Fall von Erblindung, unmittelbar nach Galvanisation des Kopfes, berichtet Duchenne.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen wurden verschiedene Hypothesen aufgestellt. Die Reflexthcorie, die alle obgenannten Erscheinungen infolge der Hirngalvanisation nur auf Reizung der Sinnesorgane oder des Trigeminus zurückführen will, vertritt einen, heutzutage bereits überwundenen Standpunkt. Vielmehr sprechen die vorerwähnten Erfolge der Hirngalvanisation für eine directe Beeinflussung der Nervenmasse selbst durch den Strom. Den galv. Schwindel, zumal die Schwankuugeu des Körpers, führt Hitzig auf Erregung des Gleichgewichtsorganes zurück, das er in das Kleinhirn, Hinze in die Bogengänge verlegt. Löwenfeld will den galv. Schwindel nur auf Beeinflussung der Circulation im Gehirne und seinen Häuten durch den galv. Str. zurückführen und auch Hitzig meint, dass Mancherlei für eine Vermittlung durch die vasomotorischen Nerveu spräche, die jedenfalls durch den Strom beeinflusst werden können. Rossbach will den galv. Schwindel durch Erregung gewisser Complexe intracerebraler Nerven, die zunächst eigenthümliche Muskelcontractionen erzeugen, erklären etc. etc. Am plausibelsten erscheint mir Erb's Erklärung des galv. Schwindels durch Annahme paariger Aufnahmsorgane für die centripetalen Eindrücke, deren gleichmäßige Erregung uns das Gefühl des Gleichgewichts und der Stabilität verleihe, während eine ungleichmäßige Erregung derselben Schwindel und Schwanken des Körpers bis zum Umfallen bedinge. Durch Querleitung des galv. Stroms durch den Kopf entstehen nun in der einen Schädelhälfte Katelektrotonus mit erhöhter, in der anderu Schädelhälfte dagegen Anelektrotonus mit verminderter Erregbarkeit, in welchem Falle selbst gleichartige, centripetale Eindrücke in beiden symmetrischen Schädelhälfteu dennoch ungleiche Reizgrößen erzeugen, wodurch ebeu Schwindel und Schwanken des Körpers bedingt wird.

Schwindel und Schwanken des Körpers tritt auch bei geschlossenen Augen auf, hiebei haben die Versuchspersonen keine Vorstellung von den Augenbewegungen. Öffnen sie die Augen, so treten die Scheinbewegungen der Gesichtsobjecte höchst wahrscheinlich nur infolge der Augenbewegungen auf; diese letztern führt Hitzig auf Beeinflussung centraler Gebilde zurück. Brechneigung und Übelkeit tritt nach Löwenfeld infolge Reizung der Med. oblong. auf; die vasomotorischen Störungen, wie Erblassen, Congestionen zum Kopfe, Hinterhauptsschmerz etc. bezieht Löwenfeld auf Änderungen der Circulationsvorgänge, zumal in den Hirnhäuten durch den Strom. Letztere sind experimentell durch Thierversuche mehrfach erwiesen und auch beim Menschen die Beeinflussung der

Gefäßinnervation durch Kopfgalvanisation jedenfalls sicher gestellt. So erzielte z. B. Feinberg durch Galvanisation der einen Schädelhälfte eine 10—20 Min. dauernde Temperaturerniedrigung von 3—4° C. in den contralateralen Extremitäten. Letourneau und Laborde, sowie G. Fischer u. A. wiesen nach, dass durch Kopfgalvanisation sich die Circulation im Schädelinnern beeinflussen lasse. Fischer fand, dass auch der farad. Str. an die unverletzte Kopfhaut applicirt bis zu einem gewissen Grade Circulationsveränderungen im Schädelinnern hervorzurufen imstande wäre. Weiters wies Fischer nach, dass durch intensive peripher wirkende Reize eine verstärkte Injection der Gehirnhäute hervorgerufen werde; im Gegentheil hievon wies v. Basch nach, dass durch energische Faradisation der Bauchdecken des lebenden Menschen Abdominalplethora und Hirnanämie, die sich bis zur Syncope steigern kann, entstehe.

Löwenfeld kam nach vielen Versuchen an trepanirten Thieren zum Resultate, dass der vom Nacken zur Stirn aufsteigende const. Str. (An. im Nacken, Ka. an der Stirn) die Piaarterien erweitere und die Circulation beschleunige, dass dagegen der von der Stirne zum Nacken absteigende Strom (An. Stirn, Ka. Nacken) das Lumen der Piaarterien verengere und die Circulation verlangsame. Bei Querleitung des galv. Str. durch den Kopf bewirkt nach Löwenfeld die An. Erweiterung, die Ka. Verengerung der Hirngefäße.

Unter den therapeutischen Wirkungen der Kopfgalvanisation wären zu erwähnen, Linderung von Schmerz, Druck- und Schweregefühl im Kopf, Verminderung von Lähmungserscheinungen, z. B. Besserung von Sprachstörung bei progressiver Paralyse (Hitzig, Schüle u. A.), von Aphonie bei Hysterischen (Emminghaus), von Lähmungssymptomen nach Hirnhämorrhagien (Benedikt) etc. Von modificirenden Wirkungen der Hirngalvanisation wäre zu erwähnen, dass Löwenfeld bei seinen Thierversuchen des öftern beobachtete, dass nach stabiler Einwirkung des galv. Str., der bis dahin keine oder nur ganz schwache Reizerscheinungen verursachte, durch plötzliche Wendung des Stromes im metallischen Theile der Leitung allgemeine Convulsionen hervorgerufen wurden (erhöhte Erregbarkeit für die Schließung des entgegengesetzten Stroms).

Zu erwähnen wäre noch, dass durch Reizung gewisser Gebiete der Hirnrinde (bei trepanirten Thieren) sich Bewegungen der Extremitäten, des Rumpfes, der Augen etc., sowie Schmerzäußerungen auslösen lassen. Diese motorischen und sensiblen Gehirnrindenfelder wurden des genauern studirt von Hitzig, Fritsch, Ferrier, Munk etc. Am Menschen lassen sich jedoch bei Application der Pole an die unverletzte Kopfhaut keine analogen Reactionen hervorrufen. Schließlich sei noch bemerkt, dass an der grauen Hirnrinde, im Gegensatz zu den peripheren Nerven An S wirksamer ist, als Ka S; Erb sucht den Grund dieses merkwürdigen Verhaltens in der differenten chemischen Reaction zwischen der grauen und weißen Nervensubstanz; es reagiren nämlich (nach Funke) lebende periphere Nervenfasern alkalisch, die graue Substanz des Gehirnes dagegen stets sauer.

Das Rückenmark wird, wie oben besprochen wurde, bei Application der Pole an die unverletzte Haut und Anwendung der auch sonst in der Therapie üblichen Stromstärken und Stromdichten erwiesenermaßen vom Strome durchflossen.

Erb applicirte großplattige Elektroden, n. z. die An. an die obersten Brust- und die Ka. an die obern Lendenwirbel, bei Stromschließungen traten Zuckungen der vom N. ischiad. versorgten Muskeln auf; Brenner beobachtete bei der gleichen Polstellung und Anwendung sowohl starker galv., hauptsächlich aber farad. Ströme, mitunter sogar excentrische Sensationen von Sieden, Prickeln etc. in den Beinen.

Anders verhält es sich jedoch mit der Frage nach der Erregbarkeit der Rückenmarkssubstanz durch den galv. Str. Die Mehrzahl der Physiologen neigt nämlich seit Van Deen (1841) der Ansicht hin, dass die Rückenmarkssubstanz überhaupt durch künstliche Reize nicht erregbar sei und führt alle gegentheiligen Behauptungen auf Erregung der Nerven-

wurzeln zurück. Eine directe Erregbarkeit des Rückenmarks wird u. A. von *Engelken*, *Fick*, *Dittmar*, *Rossbach* und *Löwenfeld* vertreten.

Nach letzterm soll sich (im Gegensatze zu den Resultaten elektr. Reizung peripherer Nerven) auch beim Rückenmark (analog. wie beim Gehirn) die anelektrotonisirte Strecke im Zustande *gesteigerter* und die katelektrotonisirte Strecke im Zustande verminderter Erregbarkeit befinden. Weiters sollen bei Durchfließung des Rückenmarks der Länge nach ↓ Str. (An im Nacken) *stets Erweiterung* und *nie Verengerung* der Piagefäße hervorrufen; ↑ Str. dagegen (Ka. im Nacken) sich entweder als völlig wirkungslos erweisen oder eine nur geringgradige *Verengerung* der Piagefäße verursachen; Querleitung dagegen soll vollkommen inconstante Ergebnisse liefern. *Erweiterung* der Piagefäße soll ferners nach demselben Autor auch noch durch energische Reizung der Haut mittels des farad. Pinsels erzeugt werden. Am lebenden Menschen soll endlich Application der Ka. an die Halswirbelsäule (bei ↑ Str.) regelmäßig Verengerung der Retinalgefäße hervorbringen, hingegen die An. an dieser Stelle (bei ↓ Str.) resultatlos bleiben. Nach *Feinberg's* Thierversuchen erzeugen sowohl ↓ als auch ↑ Rückenmarks Str. Temperaturerniedrigung der beiderseitigen Extremitäten um 2—3° C.

Auch *modificirende Wirkungen* des galv. Str. auf das Rückenmark (nämlich beruhigende, krampfstillende und reflexhemmende) wurden sowohl von Physiologen (*Nobili*, *Matteucci*, *J. Ranke*, *Legros* und *Onimus* etc.), wie auch von Therapeuten beobachtet.

Die elektr. Erregung, zumal die Galvanisation des **Sympathicus**, dieses räthselhaften Nervencomplexes mit seinen noch nicht genau erforschten Bahnen und Functionen wird seit R. *Remak* vielfach in der Elektrotherapie praktisch verwertet; sie hat mannigfache unleugbare Heilresultate zutage gefördert und weittragende — leider unerfüllt gebliebene — Hoffnungen genährt. Von praktischem Interesse ist nur die elektr. Beeinflussung des Grenzstranges des Symp. mit seinen Ganglien, die sogenannte *Farad. und Galv. des Halssympathicus*, während man es bisher auch nicht einmal versucht hat, den Brust- und Bauchantheil desselben mit seinen Geflechten bei percutaner Polapplication der directen Einwirkung der Elektricität unterziehen zu wollen.

Um den Halssympathicus zu treffen, applicirt man den einen Pol in der Mundhöhle an das Unterkiefergelenk, den andern in die Fossa auriculo-mastoidea derselben Seite von außen (*Gerhardt*), oder den einen Pol in die Incisura semilunar. sterni (in's Jugulum), den andern über dem Gangl. suprem. Symp. an den Durchkreuzungspunkt der verticalen Ohrläppchen- und horizontalen Kinnwinkellinie vor dem Kopfnicker (*Benedikt*, *Chvostek*), oder den einen Pol über das oberste Ganglion des Symp. den andern an den Proc. transvers. des 7. Halswirbels der entgegengesetzten Seite (M. *Meyer*) oder den einen Pol in die Fossa auriculo-mastoid., den andern in's Jugulum (*Erdmann*).

Während es nun einerseits mehrfach (so z. B. von *Burckhardt*, G. *Fischer* u. A.) positiv erwiesen ist, dass bei diesen Polapplicationen objectiv nachweisbare Stromzweige durch den Symp. gehen und dieser sowohl vom galv. wie auch vom farad. Str. erregt werden kann, dürfen andererseits die verschiedentlichen Erfolge dieser Applicationsmethode doch nur zum allergeringsten Theile auf Rechnung des Symp. gesetzt werden, da außer diesem auch noch stets die Hirnbasis, die Med. oblong. der Halstheil des Rückenmarks, die Plexus cervical., brachial. und caroticus, die Nn. Vagus, Recurrens und Hypoglossus nebst vielen sensiblen Hautästen mitgereizt werden. Je nachdem nun das eine oder andere dieser Gebilde vorwiegend von den wirksamsten Stromschleifen getroffen wird, sind die Resultate der Galv. und Farad. des „Halssymp."

verschieden, was die differenten, oft entgegengesetzten Behauptungen der einzelnen Beobachter erklärt.

Aus diesem Grunde hat G. Fischer vorgeschlagen, die bisher als „Galv. des Halssymp.“ aufgefassten Galvanisationsmethoden fortan nur als „Galv. am Halse“ oder „Galv. des Vagus“ zu bezeichnen; de Watteville nennt sie „Subaurale Galv.“; Katyschew identificirt sie mit der „Galv. des Plex. carot.“ etc. Wir wollen uns fortan der bereits in der elektrotherapeutischen Literatur eingebürgerten und nichts präjudicirenden Bezeichnung „Galv. am Halse“ (Galv. a. H.) bedienen.

Was die Physiologen über die Versuche am bloßgelegten, isolirten N. Symp. berichten, lässt sich in folgende Sätze zusammenfassen. Faradisation des Halssymp. bewirkt: Erweiterung der gleichseitigen Lidspalte, Erweiterung der Pupille (Mydriasis spastica), Verengerung der Irisgefäße, Steigerung des intraocularen Druckes, Vorwölbung der Cornea, Hervortreten des Bulbus, zunächst Verengerung der Blutgefäße der betreffenden Kopf- und Gesichtshälfte, begleitet von Blässe des Gesichtes, der Ohren etc., sodann Erweiterung der genannten Gefäße, mitunter gefolgt von Hyperhydrose, vermehrte Speichelsecretion und Beschleunigung der Herzthätigkeit; gleichzeitige Faradisation beider Symp. erzeugt nach G. Fischer Steigerung des Blut- und Gehirndruckes unter klonischen Krämpfen der Strecker der Hinterfüße und des Rückens. Bei Galv. des bloßgelegten Halssymp. wollen Landois und Mosler KSZ und AÖZ des Dilatator pupillae gesehen haben; G. Fischer kam indes bei diesbezüglichen Versuchen an einem Enthaupteten zu negativen Resultaten. Durchschneidung des Halssymp. verursacht Verengerung der Lidspalte, Herabhängen der Augenlider, Verengerung der Pupille (Myosis paralytica), Unempfindlichkeit derselben gegen Lichtreiz, dagegen Vorhandensein der accommodativen Reaction, Zurücksinken des Bulbus, Erweiterung der Irisgefäße, Injection der Conjunctiva (beim Hunde noch Strab. int.), Abplattung der Hornhaut, Abnahme des intraocularen Druckes mit Verminderung der Consistenz des Bulbus, Entzündung und Atrophie desselben infolge der Unwirksamkeit der trophischen Fasern des Symp., Erweiterung und stärkere Füllung der Blutgefäße der betreffenden Kopfseite, mitunter verbunden mit Anhydrose. Bei percutaner Polapplication fand G. Fischer (bei seinen Experimenten an Pferden und Katzen), dass die Farad. und Galv. „am Halse“ allerdings Alterationen in der Blutfülle des Gehirns herbeizuführen vermöge, die unter Umständen vom therapeutischen Werte sein können, dass diese jedoch ebensowenig auf den Symp. allein zu beziehen seien, wie die gleichzeitig erfolgende Beeinflussung des Gehirns, sondern dass hiebei vielmehr Reizungen der centripetalen Vagusfasern und sensibler Hautäste, sowie Muskelcontractionen etc. in Betracht zu ziehen wären.

Percutane Galv. a. H. am Lebenden erweist sich von Erfolg durch vielseitige vasomotorische, sowie mannigfache centrale nervöse Einflüsse als *a)* Beeinflussung des Lumens der Pupillen, u. z. entweder sofortige Pupillenverengerung (Gerhardt) oder vorerst Erweiterung und dann Verengerung derselben (Eulenburg und Schmidt); nach G. Fischer sind indes diese Pupillenreactionen nur als durch Erregung sensibler Hautäste ausgelöste Reflexe aufzufassen. *b)* Circulationsänderungen im Augengrunde, u. z. beobachteten die Einen Hyperämie, die Andern Anämie. Nach Klein's und Svetlin's eingehenden und umfassenden Untersuchungen und Experimenten jedoch muss die allerdings durch Galv. a. H. mögliche Circulationsänderung an der Retina auf andern Bahnen als durch den Symp. vor sich gehen, da die genannten Forscher weder durch directe Reizung des isolirten N. Symp. noch durch die des Gangl. supr. die Circulation im Augengrunde irgendwie zu beeinflussen vermochten. *c)* Einwirkung auf das Herz, anomale Herabsetzung des arteriellen Blutdruckes und der Pulsfrequenz, sowie Veränderung der sphygmographischen Pulscurve (Beard, Eulenburg und Schmidt) — höchst wahrscheinlich durch Vagusreizung bedingt. *d)* Temperatursteigerung und Vermehrung der Schweißsecretion. M. Meyer fand bei der Galv. a. H. eine subjectiv und objectiv wahrnehmbare auch durch das Thermometer messbare Steigerung der Temperatur, gewöhnlich desjenigen Armes, der der Ka. entsprach, sowie ein sichtbares Hervorquellen des Schweißes aus den Fingerspitzen und den Poren der Handfläche, das übrigens der Temperatursteigerung nicht immer proportional war. Adamkiewicz fand dasselbe bei Reizung eines jeden cerebrospinalen Nerven. Eulenburg und dessen Schüler Przewoski fanden bei KS am Gangl. supr. Abkühlung der gleichseitigen Hand und Wange, bei KD Zunahme der Ab-

kühlung, bei A S eine Temperatursteigerung ebendaselbst; aber auch Reizung cerebrospinaler Nerven leistete dasselbe. *e)* Gefühl von Schläfrigkeit und Schwindel (der nach Beard und Rockwell bei Stromesschließung beginnt und selbst noch die Stromesöffnung überdauert) — jedenfalls durch Stromschleifen, die das Gehirn trafen, zu erklären. *f)* Gerhardt und R. Remak führen noch als Erfolge der Galv. a. H. tonisirende Wirkungen auf die Gefäße, Beard und Rockwell sogar Beeinflussung des Kreislaufes im Gehirn, Rückenmark, der Brust und Bauchhöhle an. *g)* Der unleugbare therapeutische Einfluss der Galv. a. H. auf die obern und untern Extremitäten ist nach B. Schulz auf Betheiligung des Halsmarkes zurückzuführen, was er auch experimentell erwies; dagegen sind unzweifelhafte therapeutische Erfolge der Galv. a. H. von vorurtheilsfreien Beobachtern (so z. B. von Benedikt, Chvostek, Erb, Otto, M. Meyer, R. Remak, Seeligmüller u. A.) beobachtet worden, die nur auf elektrische Beeinflussung des Symp. allein bezogen werden dürfen.

Percutane Farad. a. H. bedingt: Erweiterung der gleichseitigen Pupille (wahrscheinlich infolge gleichzeitiger Reizung der sensiblen Hautäste) und Temperaturveränderung. Eulenburg und Przewoski beobachteten bei Farad. a. H. nach 2—12 Min. Abkühlung der gleichseitigen Wange von 0·75° C. jedoch erzielten die genannten Beobachter durch Farad. des N. ulnar. ebenfalls eine Temperaturabnahme von 0·7—2·53° C. und durch Farad. des N. peron. sogar eine Temperaturverminderung von 3·6° C. Kurz nach dem Aufhören des Stromes tritt eine geringgradige Erwärmung um 0·5 über das Normale auf.

Als Resultat directer **elektrischer Vagusreizung** (am Menschen) erklärt Rossbach die von ihm bei starker percutaner Galv. und Farad. der Vagusgegend a. H. mit Sicherheit erzielten Zuckungen der Kehlkopfmuskeln, sowie die deutlich (subjectiv und objectiv) wahrnehmbaren Magen- und Darmbewegungen. Brenner beobachtete unter gleichen Umständen auch noch Würgen und Erbrechen. Bei Application der An. im Nacken und Bewegung der Ka. rasch über die Seitenflächen der Kehlkopfgegend, lassen sich ferner schon bei Anwendung geringer Stromstärken deutlich sicht- und hörbare Schluckbewegungen (infolge Reizung der Vagusäste und nicht des Hypoglossus) besonders deutlich bei K S und A Ö auslösen. Zugleich tritt, u. zw. nicht nur bei Stromesschwankungen, sondern selbst bei einer gewissen Stromstärke ein von kitzelndem oder kratzendem Gefühl begleiteter Husten auf, der sich besonders leicht vom Vorderrande des Kopfnickers und dem hintern und seitlichen Nackenumfange (u. z. im Gegensatze zur Reaction der motor. Nerven früher bei A S als bei K S) hervorrufen lässt (Brenner).

Die laryngealen Vagusäste lassen sich nach Gerhardt percutan am Halse faradisch reizen u. zw. der N. laryng. sup. leicht in der Gegend der obern Hörner des Schildknorpels, weniger leicht und sicher der N. laryng. inf. am untern Rande des Schildknorpels. v. Ziemssen erklärt dieses Unternehmen als eine zweifelhafte Procedur, wogegen Rossbach, der diese Versuche wiederholt hat, zu positiven Resultaten gekommen ist und den Satz aufstellen konnte, dass die intralaryngeale Elektrisirung vollkommen durch die extralaryngeale ersetzt werden kann. Jedenfalls sind durch percutane Reizung der Kehlkopfgebilde günstige therapeutische Erfolge erzielt worden, u. A. von Bamberger, Benedikt, v. Bruns, Gerhardt, Meyer, Tobold, v. Ziemssen etc.

Die elektr. Reizung des N. phrenicus und des Herzens am lebenden Menschen konnte v. Ziemssen an einer Frau, bei welcher infolge von Resection eines großen Theils der vordern Brustwand das Herz vorlag, ausführen. Erregung des N. phren. verursacht schmerzlose Contraction des Zwerchfells; das Herz erweist sich, selbst für die stärksten Inductionsströme als unerregbar, wogegen es auf galv. Str. leicht und prompt

reagirt. Durch KS, KD und V. A. konnte die Herzfrequenz vermehrt werden, wogegen starke Ströme, sowie langsame Reizung die Herzfrequenz verminderten. Der N. phren. ergibt die Zuckungsformel des motorischen Nerven, das Herz jene des quergestreiften Muskels (v. Ziemssen); auch bei percutaner Galv. des Herzens lässt sich selbst an gesunden Menschen eine Beschleunigung der Herzaction nachweisen.

Die vasomotor. Nerven und Gefäße sind jedenfalls sowohl galv. als auch farad. erregbar; doch sind die Resultate der einschlägigen zahlreichen physiologischen Untersuchungen vielfach widersprechend und noch nicht geklärt. Sichergestellt ist es, dass directe Reizung gewisser Nervenstämme, sowie der Blutgefäße (am Thiere) das Lumen derselben, sowie den Blutdruck beeinflusst; allein eine Gesetzmäßigkeit dieser Reactionen lässt sich aus dem bisher vorliegenden Materiale noch nicht ableiten: denn einerseits ergibt die gleiche Versuchsanordnung bei zwei verschiedenen Thierspecies oft diametral entgegengesetzte Resultate (demnach umsoweniger die Erfolge derartiger Thierversuche direct auf den Menschen bezogen werden dürfen), andererseits ist es zwar heutzutage als erwiesen anzusehen, dass es zweierlei vasomotor. Nerven, nämlich vasoconstrictorische und vasodilatatorische gäbe: allein insolange Anatomen und Physiologen die Bahnen dieser beiden noch nicht zu unterscheiden gelernt haben, werden auch die Ergebnisse, sowohl directer als indirecter Gefäßreizung, selbst in den Hauptsachen differiren müssen.

Durch Reizung **secretorischer Nerven** lässt sich erwiesenermaßen Speichel- und Schweißsecretion anregen. Als bekannt sind hier die positiven physiologischen Ergebnisse gesteigerter Speichelsecretion bei elektr. Reizung der Chorda tymp., sowie anderer speichelsecretorischer Nerven vorauszusetzen. Am Menschen lässt sich öfters lebhafte Speichelsecretion bei Galv. quer durch die Wangen, die Foss. auriculo-mast., sowie durch die Proc. mast. anregen. Der Schweißsecretion geschah gelegentlich der Galv. und Farad. a. H. (M. Meyer's Beobachtung) Erwähnung. Adamkiewicz erhielt bei intensiver elektr. Reizung des N. tibialis in der Kniekehle lebhafte Schweißsecretion an der Fußsohle, zumal an den Rändern derselben und an den Zehen, bei Reizung des N. median. vermehrte Schweißsecretion an den Handtellern etc.

Die elektrische Reizung der **Verdauungsorgane** (Speiseröhre, Magen, Darm) gelingt leicht bei Einführung sondenförmiger Elektroden und Anwendung des farad. (minder leicht bei Benützung des galv.) Stromes, u. z. treten in Übereinstimmung mit den physiologischen Functionen dieser Organe peristaltische Bewegungen des Magens und Darmes auf, wie von v. Ziemssen an großen Hernien nachgewiesen wurde. Auch percutane Farad. der Magen- und Bauchgegend ergibt positive Resultate, wie dies vorzugsweise durch die therapeutischen Erfolge bei verschiedenen Magenkrankheiten (Magenerweiterung, chronischer Verstopfung, Dyspepsie etc.) mehrfach sichergestellt wurde. Farad. der Bauchgegend soll speciell stuhlbefördernd wirken. Sie erzeugt, wie bereits erwähnt (nach v. Basch), Lähmung der Unterleibsgefäße, Abdominalplethora und consecutive Hirnanämie. Hiebei empfinden die Kranken ein Gefühl von Wärme und Wohlbehagen, selbst mehrere Stunden nach der Faradisation. Der Mastdarm und Sphincter ani ist wie jeder quergestreifte Muskel direct erregbar und reagirt besonders letzterer prompt auf jede elektr. Reizung.

Die Milz lässt sich durch directe elektr. Erregung verschiedener Nervenstämme (Thierversuche) verkleinern, so durch Reizung peripherer Nerven (Mosler und Jerusalemsky), durch Reizung des centralen

Stumpfes des durchschnittenen N. ischiad. (Tarchanoff), durch Vagusreizung (Oehl) etc. Am Menschen wurde desgleichen mehrfach Verkleinerung patholog. Milztumoren (sowie Beeinflussung der Wechselfieber-Paroxysmen) zumal infolge percutaner Farad. der Milzgegend beobachtet. Allerdings kamen einige Forscher (u. A. Elias, Kölliker, Mosler und v. Ziemssen) diesbezüglich zu negativen Resultaten; dagegen wurden positive Erfolge bei Wiederholung der einschlägigen Versuche entschieden sicher gestellt (so u. A. von Wagner, Harless, Chvostek, Fieber, Skorczewsky, Popow, Berger, Botkin, Bogumilow, Drosdoff etc.).

Die Harnröhre und Harnblase ist sowohl galvanisch, als auch faradisch mit Hilfe des Blasenexcitators erregbar und antwortet, zumal letztere (nach Dr. Boudet de Pâris' neuerlichen Untersuchungen) durch manometrisch nachweisbare Contractionen, u. z. vorzugsweise auf farad. Reizung.

Der Uterus ist entschieden von der Scheide aus entweder mittels sondenförmiger in das Cavum uteri eingeführter, oder mittels knopfförmiger, an die Vaginalportion applicirter Uterin-Elektroden (bei Kettenschluss über dem Fundus uteri am Bauche) reizbar.

Spärlich menstruirende Patientinnen erfahren nach Elektrisirung des Uterus, aber auch nach der Galv. und Frad. a. H., ja sogar nach Elektrisirung an den Nervenstämmen der Extremitäten etc. eine sofortige Steigerung der Katamenien, worauf beim Elektrisiren während der Menstruationszeit besonders zu achten ist.

Auch die **Elementarorgane** des Körpers, die Zellen, sowie das Protoplasma werden von der Elektricität in ihren vitalen Functionen mächtig beeinflusst.

So soll die Bewegung der Flimmerepithelien durch den galv. Str. erhöht, durch den farad. vermindert werden (Prevost, Dumas, Legros, Onimus etc.). Blut-, Lymph- und Speichelkörperchen nehmen nach Einwirkung mittelstarker galv. wie farad. Str. die Kugelform an und gerathen ihre Kerne bei größern Stromintensitäten in moleculare Bewegung; Speichelkörperchen bersten bei Anwendung starker Inductionsströme und die übrigen Protoplasmagebilde sterben unter gleichen Verhältnissen ab (Brücke, Kühne, Neumann, Golubew etc.).

Von den physikalischen Wirkungen der Elektricität kommen bei deren Application an den unverletzten menschlichen Organismus noch die kataphorischen und von den chemischen Wirkungen noch die elektrolytischen in Betracht.

Die kataphor. Wirkungen der Elektricität äußern sich bekanntlich (cfr. I. Abth., pag. 117) in der Überführung von Flüssigkeiten durch poröse Scheidewände vom + zum — Pole. Wird ein galv. Str. durch eine lebende Muskelfaser geleitet, so findet auch in ihr eine Bewegung ihres Inhaltes vom + zum — Pole statt, so dass sie unter Umständen am — Pole sogar anschwillt (W. Kühne). Selbst an ausgeschnittenen Stücken Muskelfleisch kann diese Erscheinung beobachtet werden (Porret'sches Phänomen).

Hierauf beruht die vielfach bestrittene, schließlich aber doch im positiven Sinne entschiedene Möglichkeit der Einführung von Medicamenten in den Körper durch die unverletzte Haut.

Schon mittels der Reibungselektr. suchte man Medicamente aus Glasröhren, die als Conductoren benützt wurden, durch die unverletzte Haut in den Körper einzuführen, und nannte diesen Vorgang Intonocatura (Pivati, Verati, Bianchi, Brigoli, Palma, Winkler etc.). Später versuchte man dasselbe mittels des galv. (und farad.) Str. zu erreichen (Priestley, Mangin, Guardana, Sigaud de la Fond, de Haën, Becquerel, Davy, Fabré-Palaprat, Hassen-

stein etc.). Beer wollte Jod mittels des galv. Str. durch den menschlichen Körper durchleiten, was von den Einen für möglich (Beer, Clemens etc.), von den Andern für unmöglich (Eulenburg, Ossikowsky, Ultzmann, M. Rosenthal) erklärt wurde. v. Bruns hat nachgewiesen, dass Jodkali durch unverletzte thierische Gewebe durchgeleitet werden könne, zum wenigsten, dass man imstande sei, es in dieselben einzuführen. Munk hat die einschlägige Methode verbessert (indem er das einzuführende gelöste Medicament in zwei, durch dünne thierische Membranen geschlossene Hohlelektroden von möglichst großem Querschnitt, in welchen von der Polklemme aus Platinbleche bis knapp an die Verschlussmembran ragen, oder in zwei, mit Thonpfröpfen verschlossene du Bois'sche Zuleitungsröhren füllte, diese an entsprechende Körperstellen applicirte, starke Ströme benützte und die Richtung derselben in kurzen Intervallen wechselte) und kam zu positiven Resultaten. Es gelang ihm auf diese Weise, Medicamente in den unverletzten thierischen und menschlichen Organismus einzuführen und sie im Harn und Speichel (wie z. B. Chinin und Jodkali beim Menschen) oder aus ihren toxischen Erscheinungen (Strychnin bei Thieren) nachzuweisen. Allerdings ist der praktische Wert dieser Methode nicht hoch anzuschlagen, da vermittels derselben jedenfalls nur wenig von dem Medicamente in den Körper gebracht werden kann und auch dieses nur eine allgemeine und keine locale Wirkung wird äußern können, zumal es unmittelbar nach seinem Eintritt in den Körper in den Blutstrom gelangt, von dem es weggeführt wird. Demnach wird einerseits ein Erfolg überhaupt nur bei sehr energisch wirkenden Medicamenten zu erwarten und andererseits diese Methode der Medicamenteneinverleibung nur dann zu rechtfertigen sein, wo es absolut nicht angienge, das betreffende Mittel gleich direct in den Magen einzuführen. Viel wichtiger ist die hiedurch sichergestellte Möglichkeit des Transportes der Flüssigkeiten vom + zum — Pole innerhalb der vom Strome durchflossenen Körperstrecken, von welcher Stromwirkung zum Zwecke der Aufsaugung von Exsudaten, Vertheilung von Tumoren und Drüsenanschwellungen etc. (**aufsaugende Wirkung der Elektr.**) vielfach Gebrauch gemacht wird.

Die elektrolytischen Wirkungen treten bei Einführung blanker, nadelförmiger Metallelektroden in die Körpergewebe oder Application blanker Metallelektroden auf die Körperoberfläche (conform den pag. 35 bis 42 ausgesprochenen Gesetzen) auf, u. zw. scheiden sich (wie schon anlässlich der Hautelektrolyse bemerkt wurde) die alkalischen Jonen an der Ka., die sauern an der An. ab.

In den Körpergeweben tritt Elektrolyse (sogenannte innere Polarisation) vom Eintritt des elektr. (zumal galv.) Stromes in den Körper bis zu seinem Austritt aus demselben auf, da ja bekanntlich chemisch zusammengesetzte Flüssigkeiten (oder von solchen durchtränkte thierische Gewebe) überhaupt nur durch Polarisation (Elektrolyse) den Strom leiten. Aus diesem Grunde muss man auch, will man die Hautelektrolyse vermeiden, sogenannte unpolarisirbare Elektroden (cfr. pag. 216) benützen. Auf innere Polarisation (Elektrolyse) sind jedenfalls auch alle sogenannten modificirenden Wirkungen der Elektr. zurückzuführen, ja selbst die erregenden Wirkungen der Elektr. auf Nerven und Muskeln muss man wenigstens auf moleculare (elektrolytische) Umlagerungen in den Geweben (infolge dieser innern Polarisation) beziehen. Nach E. du Bois-Reymond ist Elektrolyse von jeder elektr. Reizung eines Nerven unzertrennlich. Die von mehreren Autoren angegebenen bleibenden (chemischen) Stoffumänderungen infolge innerer Polarisation bei Durchleitung der Elektr. durch Körpergewebe sind seit dem gelungenen Experimente Dreschel's (der aus Lösungen von carbaminsauerem Ammon durch Elektrolyse mittels Wechselströmen Harnstoff erzeugte), höchst plausibel geworden.

Auf der Summirung der kataphorischen und elektrolytischen Wirkungen der Elektr. bei percutaner Anwendung derselben beruhen

die von zahlreichen, verlässlichen Autoren unzweifelhaft sichergestellten, bereits vorher erwähnten **resorbirenden Wirkungen der Elektr.**[1]) bei pathologischen Ergüssen, Schwellungen etc.

Als katalytische Wirkungen fasste R. Remak die Summe der oben besprochenen vasomotorischen, elektrolytischen und kataphorischen nebst den sicher erwiesenen trophischen Wirkungen[2]) des galv. Str. zusammen. Ihm genügten die von den Physiologen erschöpfend behandelten erregenden und modificirenden (antiparalytischen und antispastischen) Wirkungen zur Erklärung der mannigfaltigen Heilerfolge des elektr. Str. nicht, sondern postulirte er vielmehr bleibende Veränderungen als Dauerwirkungen der Elektr., u. zw. sowohl chemische als histologische, zu deren Zustandekommen er eine Reihe von Vorgängen voraussetzte, die einzeln schon größtentheils sichergestellt und erwiesen sind. Obgleich uns deren Zusammenhang bisher noch nicht nach allen Richtungen völlig klar ist, können wir schon aus praktischen Rücksichten dieses von R. Remak eingeführten Begriffes nicht entrathen.

Je nachdem diese Veränderungen in den direct vom Strome durchflossenen Gewebspartien oder erst infolge elektr. Reizung eines Nervenstammes auftreten, unterscheidet R. Remak die directe Katalyse von der indirecten.

Wohl in diesem Sinne klingen Seeger's Worte, in denen er die Wirkungen der Elektr. auf den menschlichen Körper kurz zusammenfasst, indem er sagt: „Die Elektr. belebt den geschwächten und beruhigt den überreizten Nerven; sie stärkt und ernährt den gelähmten, atrophirten und erschlafft den krampfhaft gespannten, contrahirten oder agirenden Muskel; sie wirkt resorptionsbefördernd auf pathologische Producte, regelt die Anomalien der Secretion und beeinflusst in evidenter Weise den Kreislauf des Blutes."

Richtungsmethode; polare und vage Methode; Elektrotonus am lebenden Menschen.

Die im vorigen Capitel mit möglichster Objectivität zusammengestellten Reactionen der Organe und Gewebe des menschlichen Körpers gegen den elektr. Str. haben verschiedene Deutungen und Erklärungen gefunden und sind zur Stütze von antagonistischen Theorien benützt worden, die in den letzten 20 Jahren die gesammten Elektrotherapeuten in feindliche Lager trennten, deren Führer sich mit der größten Heftigkeit bekämpften und noch bekämpfen. Anfangs gab es zwei Lager, nämlich die Anhänger der polaren und jene der Richtungsmethode; später gesellten sich noch die Vertreter der vagen Methode hinzu, welche die beiden andern befehden. Da diese Angelegenheit sowohl die Principien der Elektrotherapie, wie jene der Elektrodiagnostik tangirt, muss sie hier, wenn auch nur in Kürze und flüchtig, ihre Erörterung finden.

---

[1]) Cfr. Chvostek-Lewandowski, Über die aufsaugenden Wirkungen des elektr. Str. Allg. Wr. med. Ztg. Feldarzt, 1874, Nr. 12—50 und 1875, Nr. 15—37.

[2]) d. h. den (infolge Erregung der von Heidenhain nachgewiesenen trophischen Nervenbahnen) beeinflussten Änderungen der Ernährungsthätigkeit und des Stoffumsatzes in den Geweben.

Das Wort „polar“ wurde ursprünglich gewählt, um den Unterschied zwischen der Applicationsweise der Pole der Physiologen und der Therapeuten zu statuiren. Die Physiologen applicirten bekanntlich beide Pole unmittelbar am ausgeschnittenen Nerven oder Muskel und bezogen anfangs die Reactionen dieser Gebilde gegen den Strom auf dessen Richtung, woher diese Applicationsmethode auch den Namen „Richtungsmethode“ erhielt. Allein schon Pflüger verwarf bei Aufstellung seines Zuckungsgesetzes diese Erklärungsweise der Reactionen der Nerven und Muskeln gegen den elektr. Str. und stellte sie vielmehr als Resultat reiner Polwirkungen hin (wonach nur das Entstehen des Katelektrotonus und das Vergehen des Anelektrotonus erregend wirken). Dass vorwaltend Schließungszuckungen auftreten, u. zw. ganz unabhängig von der Stromesrichtung, beobachteten auch schon Schiff, Valentin, Bernard, Fick u. A. Heutzutage haben fast alle Physiologen von der Richtungsmethode bei Erklärung der Zuckungsformel abgesehen und stehen insgesammt auf dem Boden der Elektrotonuslehre.

Haben somit die Physiologen die sogenannte Richtungsmethode verlassen und verworfen, so sollte man meinen, dass dieselbe auch für die Elektrotherapeuten gegenstandslos geworden; nicht zu sagen, es wäre unmöglich, in bestimmter Richtung den Strom durch den Körper zu leiten, was Burckhardt und v. Ziemssen zur Evidenz nachgewiesen haben, handelt es sich hiebei vielmehr um die Frage, ob den Polen eigene antagonistische Wirkungen zukommen, oder ob diese von der Stromesrichtung allein abhängen. Wenn es nun bisher auch noch nicht erwiesen wäre, dass den Polen diese ganz bestimmten, differenten, antagonistischen Wirkungen zuzuschreiben seien, so könnte auf die Richtungsmethode schon aus dem Grunde kein System der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie aufgebaut werden, weil es hiebei in erster Linie auf die Stromdichte ankömmt und diese schon in der nächsten Entfernung von den beiden Polen auf ein Minimum sinkt, wonach die erregenden Wirkungen der Elektricität schon a priori nur auf die Pole bezogen werden müssten (polare Methode).

Unter den Elektrotherapeuten hat meines Wissens diese polare Methode zuerst Baierlacher im Jahre 1859 gründlich abgehandelt, benützt und empfohlen, indem er beiläufig sagt: Man setzt jenen Pol auf den Nerven, dessen Einwirkung man separat studiren will. Die An. liefert dieselben Resultate, wie der ⊙↓ Str. Die Ka. am Nerven dieselben Resultate, wie der ⊙↑ Str.; die Stromrichtung ist völlig indifferent, nur auf die Pole kommt es an etc. In demselben Jahre kam Chauveau, der unabhängig von Baierlacher und ohne von dessen Publicationen Kenntnis gehabt zu haben, unter ausnehmend ungünstigen Umständen arbeitete, zu ganz denselben Resultaten. 1862 erschien die erste Publication Brenner's über die polare Methode und hat dieser Forscher es zuerst präcise ausgesprochen, dass die SZ von der Ka., die ÖZ von der An. abhängen.

Obgleich Pflüger, Baierlacher und Chauveau schon vor Brenner die Principien der polaren Methode angegeben hatten, wird doch gemeiniglich Brenner als der eigentliche Begründer dieser Methode genannt und knüpfen sich auch alle in dieser Angelegenheit erfolgten zustimmenden, wie ablehnenden Publicationen an seinen Namen, gleichwie andererseits Brenner, der eifrigste Verfechter der polaren Methode,

alle Angriffe auf dieselbe (mitunter in rücksichtsloser Weise) abwehrte und allezeit für dieselbe eintrat. In einer Reihe wahrhaft classischer Arbeiten (Untersuchungen und Beobachtungen auf dem Gebiete der Elektrotherapie, 2 Bde., Leipzig 1868—69) hat Brenner in klarer und präciser Diction die Resultate seiner mit unermüdlichem Eifer und deutscher Gründlichkeit durchgeführten Untersuchungen niedergelegt und hiedurch die Grundlage für unsere heutige Elektrodiagnostik geschaffen.

Im 2. Bde. seiner Abhandlungen fasst Brenner auf pag. 77 und 78 die Resultate seiner Studien in folgende 8 Sätze zusammen: 1. Die Möglichkeit einen elektr. Str. in einer bestimmten Richtung durch einen Nerven oder Muskel des unverletzten menschlichen Körpers zu leiten, entbehrt der methodischen Zuverlässigkeit. (Dieser Satz erscheint durch die spätern Arbeiten von Burckhardt und v. Ziemssen widerlegt.) 2. Die physiologische Wirkung der beiden Pole ist ebenso verschieden, als die chemische und es kommt bei ungleichnamigen Ansatzpunkten der beiden Elektroden, immer die Wirkung derjenigen ausschließlich oder vorwiegend zur Erscheinung, welche dem physiologisch differenten, dem erregbareren Ansatzpunkte entspricht. 3. Je geringer der Unterschied beider Ansatzpunkte in Bezug auf die Erregbarkeit (Anspruchsfähigkeit) ist, umsomehr vermischt sich die Wirkung der einen Elektrode mit der der andern und insbesondere bei den höhern Sinnesnerven lässt es sich nachweisen, dass, wenn jener Unterschied ein verschwindend kleiner ist, die Wirkungen der beiden Elektroden sich gegenseitig aufheben. 4. Aus diesem Grunde muss man bei der elektr. Untersuchung und Behandlung den das Object derselben bildenden Nerven möglichst unter den Einfluss derjenigen Elektrode versetzen, deren specifische Wirkung dem Zwecke der Untersuchung oder Behandlung entspricht. 5. Die S Z hängt von der Ka., die Ö Z von der An. ab; während der Str. D. zeigt sich im Bereiche der Ka. erhöhte, im Bereiche der An. herabgesetzte, nach der Ketteuöffnung im Bereiche beider Elektroden erhöhte Erregbarkeit. 6. Es ist wohl zu berücksichtigen, dass im Bereiche jeder einzelnen Elektrode die dieser zukommenden Wirkungen nicht ausschließlich auftreten, sondern dass im Bereiche der differenten Elektrode in geringerem Grade auch die Wirkungen der andern Elektrode platzgreifen. 7. Die im Bereiche jeder einzelnen Elektrode während des Kettenschlusses und bei der Öffnung auftretenden Wirkungen sind entgegengesetzter Natur und durch den Kunstgriff des Ein- und Ausschleichens kann jede von beiden Wirkungen unbeschadet der andern verringert oder ganz ausgeschlossen werden. 8. Sowohl für die Qualität des Reizeffectes als für den Modus, in welchem derselbe auftritt, ist es vollkommen gleichgiltig, an welchem Theile der Kette die S. oder Ö. ausgeführt wird, dagegen findet ein höchst erheblicher Unterschied in der Quantität des Reizeffectes statt, je nachdem die S. und Ö. im metallischen Theil oder am Körper vorgenommen wird.

Diese Brenner'schen Grundsätze wurden nun in der Praxis folgendermaßen commentirt: Die S Z hängt nur von der Ka., die Ö Z von der An. ab; wie ist dann aber die A S Z und K Ö Z zu erklären? Die An. soll beruhigend, krampfstillend, die Ka. erregend wirken; in der Praxis jedoch trifft oft gerade das Entgegengesetzte zu, es wirken vielmehr beide Pole erregend, nur die Ka. intensiver als die An. etc. Auf Grund von derlei Erwägungen erklären die Anhänger der vagen Methode, es gebe (wohl eine physikalische und chemische, aber) keine physiologische Poldifferenz, im Gegentheil sei nur einzig und allein die Stromdichte zu berücksichtigen und den Polen höchstens quantitative Unterschiede zuzugestehen. Vor Entscheidung dieser Frage soll indes noch der elektrotonischen Untersuchungen am lebenden Menschen gedacht werden.

Die diesbezüglichen Versuche ergaben anfangs wechselnde und oft gerade entgegengesetzte oder unklare Resultate; in neuerer Zeit gelang es dagegen durch entsprechende Untersuchungsmethoden, auch am lebenden Menschen elektrotonische Erscheinungen mit Sicherheit nachzuweisen.

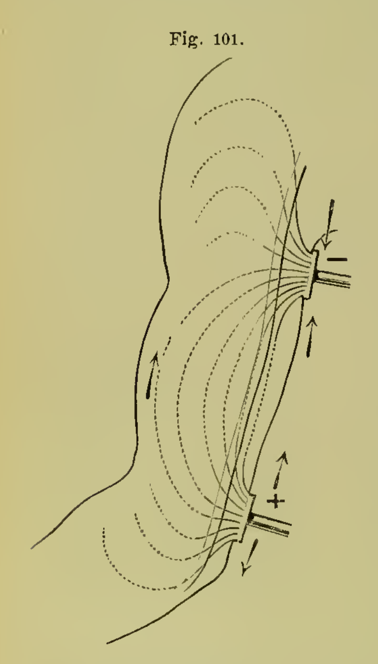
Fick war der erste, welcher am lebenden Menschen den Elektrotonus studirte. Er, wie Eulenburg fanden die elektrotonischen Verhältnisse am lebenden

Menschen ganz übereinstimmend mit jenen am ausgeschnittenen Froschnerven. Erb kam zu diametral entgegengesetzten Resultaten. Helmholtz brachte (1867) unter Rücksichtnahme auf die virtuellen Pole Übereinstimmung zwischen den elektrotonischen Verhältnissen am lebenden Menschen und jenen der Physiologen am ausgeschnittenen Nerven, was Erb durch eine neue Versuchsreihe bestätigen konnte. Samt erklärt, dass die geringe Übereinstimmung einer Reihe von ihm ausgeführter einschlägiger Versuche am Menschen auf patholog. Verhältnisse der Nerven zurückzuführen sei. Brückner gab eine neue Methode zum Nachweise des Elektrotonus am lebenden Menschen an, die Runge zu weitern Untersuchungen veranlasste. Er postirte die prüfenden Pole des Inductionsstroms innerhalb der modificirenden des constanten und fand, dass die frühern Experimentatoren übersehen hätten, dass bei dieser Untersuchungsmethode sich die Polwirkungen beider Ströme algebraisch summiren und man somit unrecht thue, die etwa gewonnenen Resultate auf Rechnung einer Erregbarkeitsänderung am Nerven selbst zu bringen. Auch v. Ziemssen's und Cyon's fernere Versuche (1868) brachten keine positiven Resultate, aus welchem Grunde v. Ziemssen erklärte, dass man auf Grundlage der Elektrotonuslehre am Menschen keinerlei therapeutische Maßnahmen basiren dürfe. Hierauf experimentirte Hitzig am Acusticus, dem einzigen Nerven, an dem wir unter normalen Verhältnissen ausschließlich reine K S Z und A Ö Z erhalten, und kam gleich Brenner zu positiven Resultaten. Desgleichen konnte E. Remak mit Sicherheit elektrotonische Erscheinungen am lebenden Menschen nachweisen. Er fand, dass nach längerer Einwirkung der Ka. die K S Z schon bei geringern Stromstärken eintrete, als vorher. Diese positive Modification wächst mit der Stromdichte und Stromdauer und währt selbst noch $^1/_4$ Stunde nach Entfernung der Rheophoren. An. D. bringt auch eine kurzdauernde positive Modification für K S Z hervor; in gleicher Weise verstärkt Ka. D. vorübergehend die A S Z, während An. D. für A S Z und A Ö Z keine constanten Resultate lieferte. Auch Waller und de Watteville haben entschieden Elektrotonus an motor. und sensiblen Nerven des lebenden Menschen nachgewiesen. Besonders gelingt es leicht, reinen und die Stromunterbrechung lang überdauernden Katelektrotonus zu erzeugen, wogegen es allerdings schwieriger fällt, reinen Anelektrotonus hervorzurufen.

Vergleichen wir die Endresultate der elektrotonischen Versuche am lebenden Menschen einerseits mit den Wirkungen der Elektr. auf die Organe und Gewebe des menschlichen Organismus und andererseits mit den vorhin erwähnten elektrophysiologischen Gesetzen, so ergeben sich zwanglos die nachstehenden Folgerungen: den beiden Polen des elektr. (zumal des galv.) Str. sind analog ihren differenten physikalischen und chemischen auch ganz bestimmt differente physiologische Wirkungen zu vindiciren. Die Ka.- und An.-Reactionen sind überall (an sämmtlichen Nerven, Muskeln, Sinnesapparaten etc.) constant verschieden: die scheinbaren Differenzen zwischen den Forschungsresultaten der Physiologen und den Untersuchungsergebnissen der Therapeuten wurden pag. 243 durch Berücksichtigung der virtuellen Pole und der peripolaren Zonen erschöpfend ausgeglichen und daselbst zunächst die A S- und K Ö-Reactionen (als Wirkungen der virtuellen Pole) erklärt. Den Antagonismus beider Pole beweisen ferner die einerseits den Polwirkungen zukommenden, andererseits der polaren und peripolaren Zone entsprechenden entgegengesetzten (centralen und peripheren) Bilder bei der Netzhautreizung, weiters die Resultate der Reizung des Geschmacks-, Geruchs- und vor allem des Gehörorgans, bei welchem unter normalen Verhältnissen ausschließlich nur reine Ka.- und An.-Reactionen (nämlich bloß K S Z und A Ö Z) auftreten. Der Grund, warum hier die peripolare Zone unwirksam erscheint, ist indes weder in einer ausnahmsweisen Reaction des Acusticus, noch in einer Ausnahme vom Zuckungsgesetz zu suchen, sondern vielmehr zu erwägen, dass der Hörnerv allseits von schlecht leitenden, compacten Knochen umgeben, somit isolirt ist, dass dementsprechend die peripolare Zone erst im

Gehirn auftritt, wo indes infolge plötzlicher Zerstreuung und Entfernung der Stromfäden von einander die Stromdichte rasch so sehr sinkt, dass die virtuellen Pole auf den Gehörnerv (bei gesunden Menschen) absolut keine Wirkung ausüben können. Desgleichen lassen sich anderweitige (scheinbare) Ausnahmen von dem Zuckungsgesetz unter Rücksichtnahme auf die peripolare Zone leicht erklären; so z. B. überwiegt, wenn die differente Elektrode am M. abductor indicis nahe seiner Insertion angesetzt wird, die A S Z über die K S Z.; demselben Phänomen begegnet man auch anderwärts und lässt es sich dadurch erklären, dass die virtuelle Ka. an einem erregbareren Punkte des Muskels zur Wirkung gelangt, als die wirkliche Ka. Bei möglichst directer Reizung größerer Muskelmassen überwiegt auch mitunter die A S Z über die K S Z. Hier erweisen sich die vielen virt. Ka. der einzelnen Stromfäden, die die Muskelmassen an vielen Punkten treffen und erregen, wirksamer als die auf ein erheblich engeres Gebiet eingeschränkte wirkliche Ka.

Fig. 101.



Andererseits gelingt es allerdings schwer, die specifische Wirkung beider Pole gänzlich von einander zu isoliren und gesellt sich vielmehr immer, was schon Brenner betonte, zur Wirkung des einen (actuellen) Pols auch noch jene des andern (virtuellen). Allein trotzdem vermag man immerhin, nach schwacher, bis selbst mittelstarker An.-Wirkung durch den Kunstgriff des Ein- und Ausschleichens, zumeist den Eintritt der nachfolgenden Phase der positiven Modification (d. h. der erhöhten Erregbarkeit) zu verhindern, wogegen es nicht schwer fällt, ungetrübte Ka.-Reactionen zu erhalten.

Da die Physiologen die Wirkungen der Elektr. auf Nerven und Muskeln, wie erwähnt, nunmehr ebenfalls auf Polwirkungen zurückführen, so ist ihre Methode auch eine polare (im Gegensatz zu der fallengelassenen Richtungsmethode), und doch unterscheidet sie sich von der polaren Methode der Therapeuten, weil letztere den zu erregenden Nerven oder Muskel nur unter dem Einfluss der einen (differenten) Elektrode zu bringen suchen, und die andere (indifferente) Elektrode von ihr möglichst weit entfernt, an einen indifferenten Punkt appliciren, wogegen die Physiologen die ausgeschnittenen Nerven und Muskeln direct mit beiden Polen in Berührung bringen. Aus diesem Grunde würde es sich empfehlen (nach de Watteville's Vorschlag), die Methode der Therapeuten die monopolare (oder unipolare), die der Physiologen hingegen die dipolare (oder bipolare) zu nennen.

Dieser monopolaren Methode werden wir uns fortan in der Elektrodiagnostik bedienen, da sie trotz der virt. Pole

uns dennoch viel einfachere Verhältnisse liefert, als die bipolare, bei welcher wir es, wie aus der schematischen Fig. 101 zu ersehen, mit mindestens 4 Polen zu thun hätten. Zugleich zeigt dieses Schema recht deutlich, dass bei der bipolaren Methode der Nerv nach 4 entgegengesetzten Richtungen vom Strome durchflossen wird. Die elektrodiagnostische Untersuchungsmethode ist demnach nur mit Hilfe der monopolaren Polapplication möglich, was auch die Erzfeinde derselben eingesehen und anerkannt haben.

Motorische Punkte.

Um die Skeletmuskeln, sei es zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken, isolirt elektrisch erregen zu können, muss man den differenten Pol oberhalb des Eintrittspunktes des motor. Nerven in die Muskelsubstanz oder an jene Körperstellen, an denen der motor. Nerv möglichst oberflächlich verläuft und nur, wo dies wegen der tiefen Lage des letztern nicht möglich wäre, direct auf den Muskelbauch, jedoch möglichst nahe dem Eintrittspunkte des Nerven in den Muskel appliciren.

Duchenne de Boulogne gebührt das Verdienst, zuerst auf gewisse Punkte an der menschlichen Haut (Points d'élection [1]) oder Wahlpunkte genannt) aufmerksam gemacht zu haben, von denen aus die einzelnen Muskeln sich isolirt zur Contraction bringen lassen. Duchenne führte diese isolirte Muskelreizung mittels feuchter Elektroden unter Anwendung des Inductionsstromes aus („localisirte Faradisation") und stellte mit Hilfe einer großen Reihe einschlägiger Untersuchungen an Gesunden und Kranken die Functionen der einzelnen Muskeln und den Mechanismus der einzelnen Bewegungen richtig. Durch photographische Fixirung der auf diese Weise erzielten Muskelcontractionen entstand ein prächtiges Album: „Die Mechanik der menschlichen Physiognomie" [2]), während die Resultate dieser Studien in zwei weitern Werken: De l'électrisation localisée etc. (Paris 1855, III. Edit. 1870) [3]) und Physiologie de mouvements (Paris 1867) [4]) enthalten sind. v. Ziemssen nahm diese Untersuchungen von neuem auf und gelangte zu theils bestätigenden, theils abweichenden Resultaten. Mit der feinen negativen Elektrode bestimmte v. Ziemssen bei gleichzeitiger Application einer breiten positiven Elektrode auf das Sternum) möglichst genau die Punkte, von denen aus die einzelnen Muskeln am leichtesten zur Contraction gebracht werden können („motorische Punkte"), fixirte dieselben (mittels Höllenstein) auf der Haut und fand bei nachträglicher Autopsie, dass sie nicht nur den Eintrittsstellen des motor. Nerven in den Muskeln, sondern überhaupt jenen Stellen entsprechen, an denen der Nerv möglichst oberflächlich verläuft.

Auf den folgenden Abbildungen (nach Eichhorst) sind die von v. Ziemssen durch vielfache Controlversuche genau bestimmten motor. Punkte verzeichnet. Da indes die Lage dieser Punkte an manchen Menschen variirt und nur der Effect der Reizung die Gewähr bietet, den motor. Punkt genau getroffen zu haben, dies aber für diagnostische und therapeutische Zwecke von höchster Bedeutung ist, habe ich in folgenden Zeilen den Andeutungen, an welchen Stellen die motor. Punkte anatomisch möglichst leicht zu finden sind, auch noch die Effecte der Reizungen der einzelnen Muskeln nach Duchenne's und v. Ziemssen's Angabe in aller Kürze und Knappheit hinzugefügt.

---

[1]) R. Remak meinte, es seien jene Stellen am Körper, an denen der motor. Nerv in den Muskelrand eintritt und nannte sie zuerst „motorische Punkte".

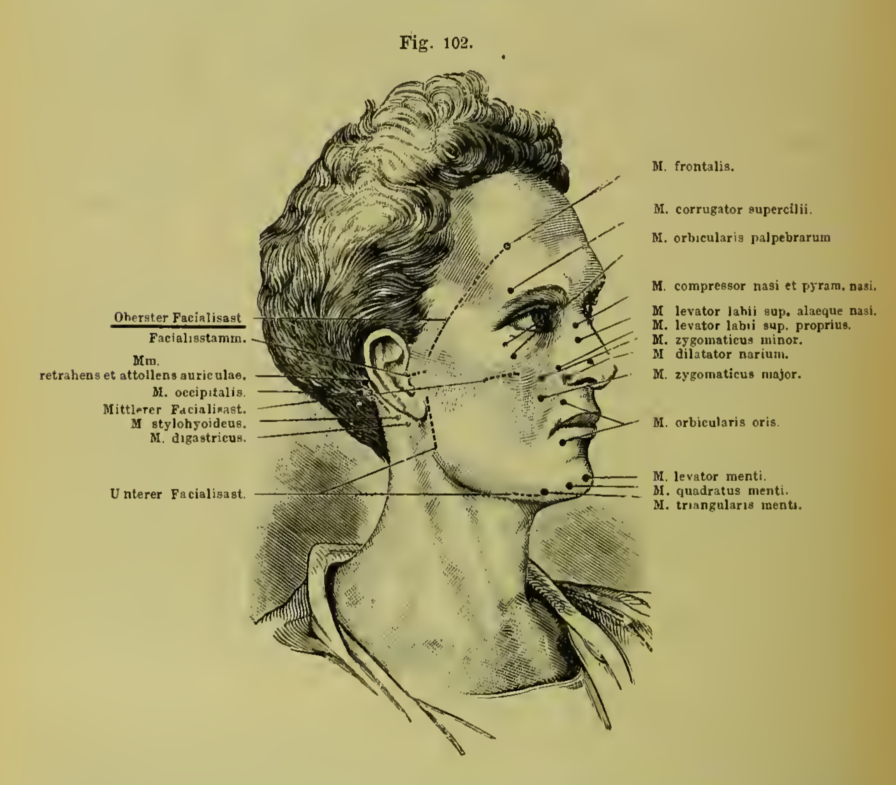
[2]) Mécanisme de la physionomie humaine ou analyse électro-physiologique de l'expression de passions, applicable à la pratique des arts plastiques. Album 72 figures photograph. Paris 1862.

[3]) Deutsch, frei bearbeitet von Dr. B. A. Erdmann in 4. Aufl. bei Barth in Leipz. 1877 erschienen.

[4]) Deutsch von Dr. C. Wernicke unter dem Titel, Physiologie der Bewegungen etc. bei Th. Fischer, Cassel und Berlin 1885 erschienen.

Im Gesichte ist es vorzugsweise das Ausbreitungsgebiet des N. facialis, das am häufigsten zu elektrodiagnostischen Untersuchungen herangezogen wird. Mit Rücksicht auf diese elektrische Prüfung, lässt sich dieser Nerv (nach Erb) in 3 (in der Fig. 102 ersichtlich gemachte) Äste (resp. Gruppen von Ästen) theilen, nämlich in den obern oder Stirnast (für die Muskeln oberhalb der Augenlidspalte) in einen mittlern oder Oberkieferast (für die Muskeln zwischen Augenlid und Mundspalte) und in einen untern oder Unterkieferast (für die Muskeln des Unterkiefers). Diese Äste lassen sich unmittelbar vor dem Ohre und etwa in der Mitte ihres Verlaufes leicht erregen. Der Facialisstamm lässt sich (besonders leicht bei magern Personen) durch kräftiges Eindrücken einer feinen Elektrode unmittelbar unter der Ohrmuschel zwischen Proc. mastoid. und Proc. condyloid. treffen; auch applicirt man eine feine Elektrode zu gleichem Zwecke unmittelbar unter dem äußern Gehörgang in das Grübchen der Ohrmuschel (v. Ziemssen) oder man drückt eine feine Elektrode kräftig gegen die untere Wand des äußern Gehörganges (Duchenne) — was jedoch sehr

Fig. 102.



schmerzhaft ist. Effect: krampfhaftes Verziehen der Gesichtshälfte gegen die Reizungsstelle, Schiefstellung des Mundes und der Nase, Schluss der Augenlider. Der Reizpunkt des Frontalastes etwa in der Mitte seines Verlaufes an der Schläfe, dient zugleich als Reizstelle für die quantitative Erregbarkeitsprüfung. Der Ram. auricul. post. N. fac. ist unmittelbar hinter der Verbindung des Ohrknorpels mit dem Schädel, wo in der Fig. durch die gestrichelte Linie (parallel dem äußern Rande des Ohrläppchens hinter dem Proc. mast.) die Reizstelle für die Mm. retrah. und attoll. auricul., sowie für den M. occipit. bezeichnet ist (die von diesem Nervenaste versorgt werden), leicht zu treffen. Effect: Die Ohrmuschel wird nach hinten und oben und die Kopfhaut nach hinten gezogen. Der Ram. N. facial. pro Mm. stylohyoid. und digastr. lässt sich nur zuweilen bei magern Menschen (und äußerst selten einzeln) reizen; die Elektrode muss zu diesem Zwecke hinter den Proc. condyloid. des Unterkiefers tief eingedrückt werden. Effect: Das Zungenbein wird nach außen, hinten und oben gezogen. Der M. frontalis lässt sich direct hinter dem Jochfortsatze des Stirnbeines, viel intensiver jedoch vom Nerven aus, der, als oberer

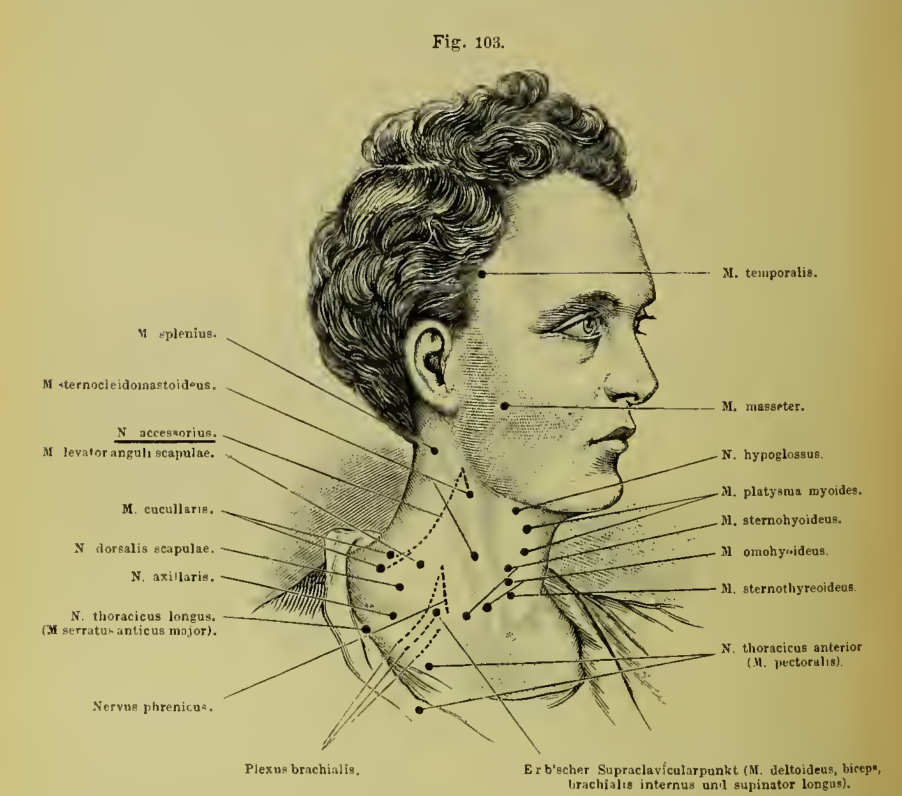
Facialisast angegeben, längs der Punktlinie bis auf die Jochbrücke unmittelbar unter der Haut frei zutage liegt, leicht erregen. Effect: Intensives Stirnrunzeln. Die untersten 5 Punkte dieser Linie (auf dem Jochfortsatze des Schläfenbeines) stellen den Reizbezirk für die Mm. attrah. und attoll. auric. dar. Der M. corrug. supercilii lässt sich lateral ober dem Augenlide direct oder noch besser von seinem Nerven aus in einer von dem Reizpunkte für den Muskel mit der Punktlinie für den obersten Facialisast parallelen Linie erregen. Der M. orbic. palpebr. lässt sich lateral unterhalb des untern Augenlides direct oder noch besser von seinem Nerven aus auf dem Jochbein bis gegen den Parotisrand hin reizen. Effect: Schluss des Auges und Faltung der Augenlidhaut. Die Reizpunkte der Mm. compr. nasi et pyram. nasi liegen am Nasenbeine. Effect: Faltung der Haut an der Nasenwurzel; der innere Augenbrauenrand wird nach innen und unten gezogen. Der Reizpunkt des M. lev. lab. sup. alaeque nasi liegt an der in der Fig. 102 angegebenen Stelle. Effect: Bedeutender Schmerz und Hebung der Oberlippe und des Nasenflügels. Der M. lev. lab. sup. proprius ist am Oberkieferknochen lateral von der Nase reizbar. Effect: Senkrechte Hebung der Oberlippenhälfte; Reizung schmerzhaft. Der Reizpunkt für den M. zygom. min. befindet sich am unteren Rand des Jochbeines (an der Stelle seiner Verbindung mit dem Jochbeinfortsatz des Oberkiefers). Effect: Der Mundwinkel wird nach außen und oben verzogen; Reizung schmerzhaft. Der M. dilat. nar. post. ist an der Basis des Nasenflügels und anter. auf der Mitte des Nasenflügels (an dem Punkte zwischen den Leitlinien zum M. dilat. nar. und zum M. zyg. min.) erregbar. Effect: Hebung des Nasenflügels und Erweiterung des Nasenloches; Reizung schmerzhaft. Der M. zygom. maj. ist am untern Jochbeinrand (direct und indirect) reizbar. Effect: Verziehung des Mundwinkels und eines Theiles der Oberlippe nach oben und außen, Faltung der Wangenhaut. Der M. orb. oris hat 4 motor. Punkte, jederseits je einen ober und unter dem Lippenwinkel und müssen alle 4 gleichzeitig gereizt werden, um den ganzen Muskel zur Contraction zu bringen. Effect: Schließung des Mundes und Zuspitzen der Lippen. Reizung nur eines Punktes bewirkt Verkürzung der betreffenden Lippenhälfte. Der M. lev. menti lässt sich an der Seite des Kinnwulstes am innern Rande des M. quadr. erregen. Oft lassen sich die Muskeln beider Seiten durch Aufsetzen einer einzigen Elektrode auf die Mittellinie des Kinnes reizen. Effect: Abflachung und Verbreiterung des Kinnes, Überwölbung der Unterlippe nach vorn. Der Reizpunkt des M. quadrat. menti befindet sich am vordern Rand des M. triangul. Effect: Verziehung der Unterlippe nach außen und unten, Anpressung an die Zähne. Um den M. triang. menti zu erregen, muss man seinen Nervenast am hintern Muskelrand mit der Elektrode gegen den Unterkiefer drücken. Effect: Erweiterung der Mundspalte (ohne sie zu öffnen). Um den M. temp. (Fig. 103) zu erregen, muss man eine Elektrode an seinem vordern und die andere an seinem hintern Rande oder eine breite Elektrode über beide zugleich ansetzen. Effect: Bei geöffnetem Munde Hebung des Unterkiefers bis zum Zusammenklappen der Zähne. Der M. Masseter ist in seinem obern Drittel in der Incis. semilun. zwischen dem Proc. coronoid. und condyloid. mand. erregbar. Am innern Rand dieses Muskels lässt sich der M. buccinator (der auch von der Mundhöhle aus gereizt werden kann) erregen.

Am Halse trifft man den N. hypoglossus dicht ober dem großen Zungenbeinhorn zwischen den Mm. stylohyoid. und hypogloss. Effect: Contraction und Runzelung der betreffenden Zungenhälfte, aber keine Schlingbewegung. Um das Platysma myoides zur Contraction zu bringen, muss man beide Elektroden benützen und an den in der Fig. 103 angegebenen Punkten appliciren. Effect: Außer Contraction dieses Hautmuskels noch Herabziehen der Unterlippe nach außen und bei starker Reizung Entblößung der Zähne. Der M. sternohyoid. lässt sich am leichtesten in der Lücke zwischen den beiden Ursprungsportionen des Kopfnickers erreichen. Der M. omohyoid. kann am innern Kopfnickerrand, sowie in dem von den Sehnen dieses Muskels gebildeten Dreiecke erregt werden. Effect: Herabziehung des Zungenbeines. Auch den M. sternothyreoid. trifft man am innern Kopfnickerrand.

Den M. splenius capit. muss man von seinem äußern Rande her intramusculär erregen; Effect: Drehung des Kopfes nach derselben Seite. Die Contraction des M. sternocleidomast. lässt sich durch Aufsetzen der Elektroden im obern Drittel des Muskels oder in der Mitte seines hintern Randes leicht erzielen. Effect: Das Ohr der gereizten Seite wird bei Vorbeugung der Halswirbelsäule und Drehung des Gesichts nach der entgegengesetzten Seite dem Sternalende der entsprechenden Clavicula genähert; gleichzeitige Reizung beider Muskeln bewirkt starke Beugung der Halswirbelsäule bei Vorschiebung des Gesichtes und Erhebung des Kinnes. Der N. access. Willisii lässt sich längs seines in der Abbildung punktirten Verlaufes vom Kopfnicker bis zum M. cucullar. leicht finden. Effect: Reizung entsprechend der Mitte der obern Hälfte

des Kopfnickers oder hinter diesem von seiner lateralen Seite her oder in der Nähe des Cucullarisrandes bewirkt gleichzeitige Zusammenziehung der beiden vorgenannten Muskeln. Oberhalb der Abgabe der beiden Zweige für den Cucullaris ist der Reizpunkt, der zur quantitativen Erregbarkeitsprüfung gewählt wird. Der M. cucullaris ist an den zwei angegebenen Reizpunkten schon mittels geringer Stromstärken leicht erregbar. Effect: Verschieden, je nach der Wirkung seiner Antagonisten; bei doppelseitiger Reizung werden beide Schultern kräftig gehoben und die Schulterblätter der Wirbelsäule genähert. Der M. levat. ang. scap. ist unterhalb des Verlaufs des N. accessor. am hintern Rand des Kopfnickers (nicht gerade leicht) zu treffen. Effect: Erhebung des innern Schulterblattwinkels nach innen und vorne. Der N. dors. scapulae (thorac. poster.) ist unterhalb der Reizstelle für den N. access. nahe dem Rande des Cucull. zu treffen. Effect: Anziehung der Scapula an die Wirbelsäule und leichte Hebung der obern Rippen infolge Contraction der Mm. rhomb. und

Fig. 103.



serrat. post. sup. Der motor. Punkt für den N. axillaris liegt auswärts vom Plex. brach. ober der Clavicula. Effect: Contraction des M. deltoid. Den N. phrenicus trifft man am äußern (hintern) Kopfnickerrand oberhalb des M. omohyoid., sowie am vordern Rand des M. scalen. ant., wenn man eine größere Elektrode mit breiter Schwammkappe kräftig gegen den äußern Kopfnickerrand in schräger Richtung von außen nach innen andrückt. Effect: Contraction des Zwerchfells, Vorwölbung des Bauches und gewaltsame geräuschvolle Inspiration. Um diesen Effect hervorzubringen, muss man kräftige Ströme anwenden, die erwiesenermaßen hier ganz gefahrlos sind. Den Plex. brach. trifft man leicht unmittelbar oberhalb, sowie unterhalb der Mitte des Schlüsselbeines. Effect: Contraction ganzer Muskelgruppen. Etwa 2—3 cm oberhalb der Clavicula und etwas nach außen vom hintern Kopfnickerrand, gerade vor dem Proc. transv. des 6. Halswirbels liegt der Erb'sche Supraclavicularpunkt. Effect: Gleichzeitige Contraction der Mm. deltoid., biceps, brachial int. und supin. long. (mitunter auch infraspinat. und subscapular).

Am Rumpfe trifft man den Reizpunkt für den N. thoracic. long. (bezw. für den M. serrat. ant. maj.) dicht über der Clav. am M. scalen. med. (durch welchen der Nerv tritt) nahe dem Rand des M. cucullar. Übrigens kann dieser Nerv auch von der Achselhöhle aus, sowie längs seines Verlaufs am Thorax gereizt werden. Effect: Energische Contraction des M. serrat. ant. maj., Verschiebung der Scapula nach außen und vorne bei gleichzeitiger Erhebung des Acromialwinkels. Der motor. Punkt für deu N. thoracic. ant. liegt am obern Rande des M. pector. maj. oder in der Mitte dieses Muskels. Effect: Anziehung des Oberarms an die Vorderfläche der der Reizung entsprechenden Körperhälfte. Die übrigen Rumpfmuskeln, u. z. sowohl an der Bauchseite, wie auch an der Rückenseite, lassen sich nur direct einzeln erregen, u. z. findet selbst hiebei immer nur Contraction gewisser Muskelbündel und fast nie prompte Contraction des ganzen Muskels statt. Ausgesprochene motor. Punkte gibt es hier nicht, indem dieselben Muskelmassen von verschiedenen Stellen aus zur Contraction gebracht werden könneu; bei den Bauchmuskeln, die von mehreren Nerven versorgt werden, muss man ihre einzelnen Bündel (intramusculär) reizen.

An der Beugeseite der obern Extremität trifft man zunächst den Reizpunkt für die vordere Hälfte des M. delt. (N. axill.). Der N. musculo-cutan. ist am

Fig. 104.

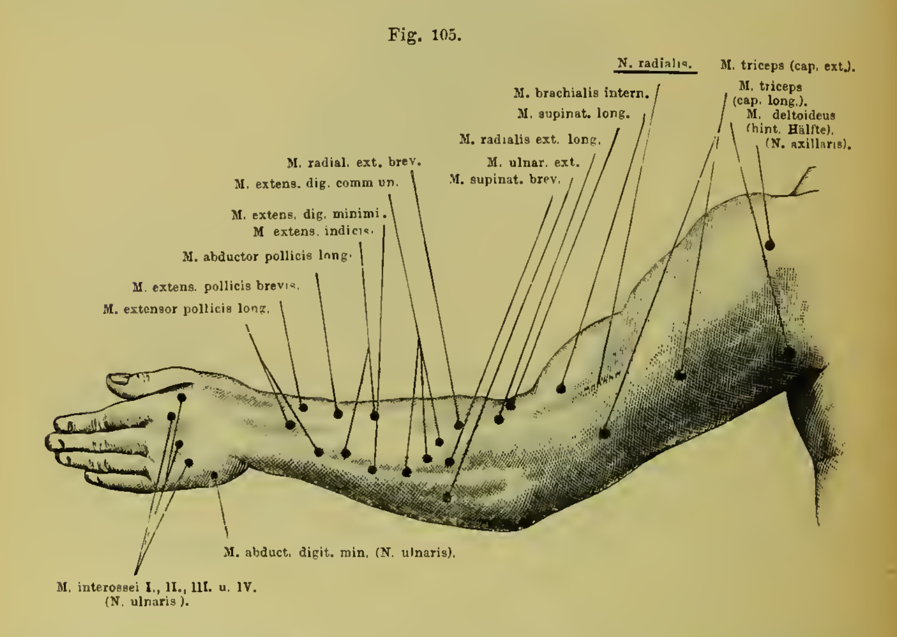
M. deltoideus (vordere Hälfte) N. axillaris.
N. musculo-cutaneus.
M. biceps brachii.
M. brachial. int.
N. medianus.
M. pronator teres.
M. flex. dig. comm. prof.
M. flexor carpi rad.
M. flex. dig. subl. (II u. III).
M. flex. dig. subl. (dig. ind. et min.)
M. flex. pollic. long.
N. med.
M. abductor pollic. brev.
M. opponens pollicis.
M. flexor pollic. brev.
M adduct. pollic. brev.
Mm. lumbr. I. u. II.
Mm. lumbricales III. et IV.
M opponens dig. min.
M. flexor dig. min.
M. abduct. dig. min.
M. palmaris brev.
N. ulnaris.
M. flexor carpi ulnaris.
N. ulnaris.

sichersten zwischen den beiden Köpfen des Biceps oder in der Furche zwischen Coracobrachial. und Biceps mittels einer feinen Elektrode zu finden. Effect: Kräftige Beugung des Vorderarms infolge Verkürzung des Biceps und Brach. int. Der M. biceps lässt sich an der Vereinigungsstelle seiner beiden Köpfe vom Nerven aus isolirt reizen und erfolgt schon bei mittelstarken Strömen eine ziemlich energische Contraction desselben, wogegen bei directer Reizung der Muskelsubstanz viel intensivere Ströme erforderlich sind. Um den Nervenast für den M. brach. int. zu treffen, muss man die Elektrode im untern Drittel des Biceps unter denselben schieben. (Vorsicht wegen der Nähe des N. median.) Der N. medianus ist an der Innenseite des untern Drittels des Oberarms im Sulc. bicipital. int. und am Vorderarm vor dem Handgelenk zwischen den Sehnen der Mm. palmar. long. und rad. int. zu finden. Effect der Reizung am Oberarm: Starke Pronation des Vorderarms, Beugung des Handgelenkes, Schließung der Hand zur Faust (Beugung der Finger mit Opposition des Daumens); am Handgelenk gereizt: Radialbeugung der Hand nnd Opposition des Daumens. Der M. pronat. teres wird an seineu Radialrande im obern Drittel gereizt. Effect: Kräftige Pronation. Der Reizpnukt für den M. flex. dig. com. prof. liegt ober der Mitte des Vorderarms zwischen Palm. long. und Uln. int. Die Mm. radial. int. (flexor carpi radial.) und palm. long. lassen sich in der Fossa cubit. an den Ulnarrändern ihrer Bäuche reizen. Der

M. flex. dig. com. subl. ist am untern Ende seines Bauches neben dem Brach. int. zu treffen; an den in der Fig. 104 angegebenen Reizpunkten lassen sich auch die Bündel für den II. und III., andrerseits jene für den IV. und V. Finger isolirt zur Contraction bringen. Der M. flex. poll. long. ist direct, handbreit über dem Handgelenke, zwischen den Sehnen des M supin. long. und rad. int. zu treffen Die kurzen Daumenballenmuskeln lassen sich an ihren Insertionen leicht vom Nerven aus erregen; ihre Reizpunkte folgen in der Reihe: Mm. abd. poll. brev., oppon. poll., flex. poll. brev. Der Ulnarast für den M. adduct. poll. brev. ist zwischen den Metacarpalknochen des Zeige- und Mittelfingers zu treffen. Die Lumbricalmuskeln (u. z. die vom Median. versorgten I., II. und III. und der vom Uln. versorgte IV.) lassen sich an der Radialseite der betreffenden Finger leicht isoliren.

Der N. ulnaris lässt sich von der Achselhöhle bis zum Ellbogen in der Bicepsfurche reizen; um ihn jedoch ganz sicher (isolirt vom Med.) zu treffen, applicirt man die Elektrode in die Rinne zwischen dem Olecranon und dem Cond. int. hum. Dies ist zugleich die Reizstelle für die quantitative Erregbarkeitsprüfung. Am Handgelenke trifft man ihn leicht an der Radialseite der Sehne des M. uln. int. Effect: Ulnarbeugung mit Adduction der Hand, Beugung der drei letzten Finger, Ad-

Fig. 105.

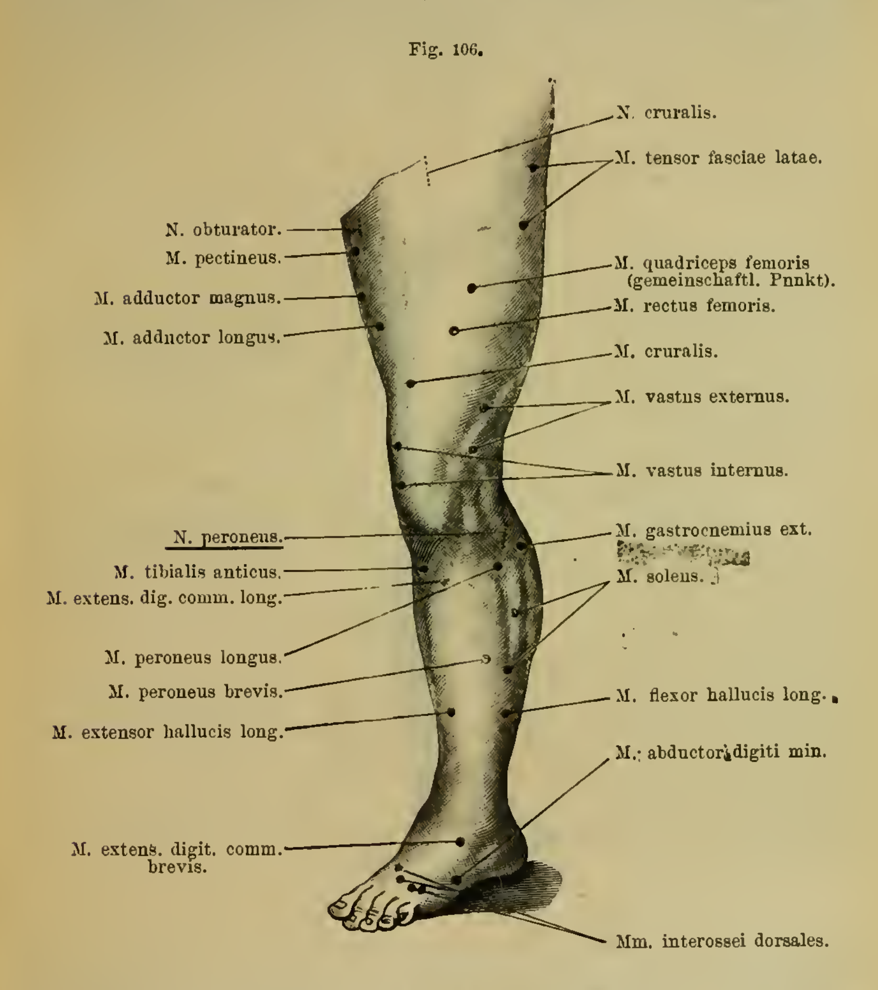


duction des Daumens. Der M. uln. int. (flex. carp. uln.) ist unterhalb des Condyl. int. zu reizen. Effect: Beugung der Hand ulnarwärts. Der M. palm. brev. ist an der Radialseite des Kleinfingerballens vom Nerven aus, sowie direct erregbar. Den M. abduct. dig. min. trifft man an der Ulnarseite des Erbsenbeines, den M. flex. dig. min. vor dem Haken des Hakenbeins und den M. oppon. dig. min. einwärts vor diesem.

An der Streckseite der Oberextremität ist zunächst Fig. 105 der bereits angegebene Reizpunkt für die hintere Hälfte des M. deltoid (N. axillar.) zu erwähnen. Die Radialäste für den M. triceps liegen tief, daher man zur Reizung desselben seine einzelnen Köpfe an den angegebenen Stellen direct aufsuchen muss. Der N. radialis ist am leichtesten an seiner Umschlagstelle um den Humerus mitten zwischen dem Ansatzpunkte des M. deltoid. und dem Condyl. ext. hum. (zugleich Reizpunkt für die quantitative Erregbarkeitsprüfung) zu finden. Effect: Supination des Vorderarms, Streckung der Hand, des Daumens und der ersten Phalangen der übrigen Finger. Der Reizpunkt für den M. brach. int liegt etwas nach innen und vorne von der Reizstelle für den N. radial. Der motor. Punkt des M. supin. long. liegt dicht oberhalb des Condyl. ext. hum. Effect: Beugung des Vorderarms in der Mittellage zwischen Pronation und Supination. Der M. rad. ext. long. lässt sich unmittelbar unter dem Condyl. ext. hum. erregen. Der M. uln. ext. ist dicht ober dem Eintritt

seines Radialastes an seinem radialen Rande zu treffen. Effect: Streckung der Hand nach dem Ulnarrande hin. Der M. supin. brev. lässt sich indirect nur an magern Personen am angegebenen Orte reizen, wogegen der über diesem liegende M. rad. ext. brev. ziemlich leicht radialwärts vom frühern von seinen Nerven aus erregt werden kann. Die Radialäste für den M. extens. dig. com. liegen tief, daher es am vortheilhaftesten ist, die einzelnen Bündel desselben an den angegebenen Punkten zu erregen und falls Contraction des ganzen Muskels erfolgen soll, zwei Elektroden anzuwenden. Effect: Streckung der Hand und Auseinanderspreitzung der Finger bei Streckung der ersten Phalangen derselben. Der motor. Punkt für den M. extens. indicis ist am Radialrande des M. extens. dig. com. zu finden; übrigens lässt sich dieser Muskel auch an

Fig. 106.

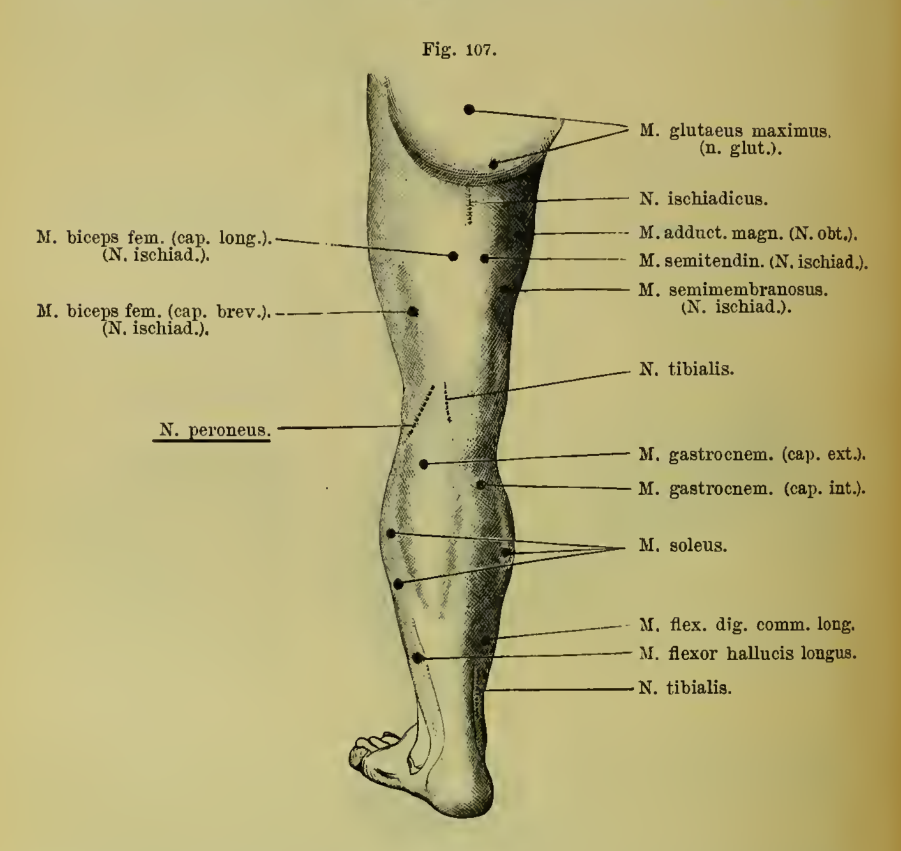


der Eintrittsstelle seines Nerven in die Muskelsubstanz etwas nach vorn und ulnarwärts von dem erst angegebenen Punkte aus noch erregen. Der Reizpunkt für den M. extens. dig. min. liegt noch mehr ulnarwärts und auf gleicher Höhe mit dem ersterwähnten motor. Punkte für den M. extens. ind. Der Radialzweig für den M. abd. poll. long. lässt sich leicht in der Nähe des Muskels isoliren. Effect: Abduction des Daumens. Die Mm. extens. poll. long. et brev. lassen sich an der Radialseite der Sehne des gemeinschaftlichen Fingerstreckers entweder einzeln oder oberhalb der angegebenen Reizpunkte gemeinschaftlich erregen. Der vom N. uln. versorgte M. abd. dig. min. lässt sich am angegebenen Punkte auch vom Handrücken aus erregen. Desgleichen lassen sich auch die vom N. uln. versorgten M. interossei (I., II., III., IV.) vom Handrücken

aus erreichen. Effect: Bei Reizung mit schwachen Strömen Abduction des betreffenden Fingers von der Mittellinie nach der gereizten Seite hin. Bei Benützung starker Ströme werden auch die M. interossei interni mitgereizt, was die Beugung der ersten Phalanx bei gestrecktem Finger zur Folge hat.

An der **Vorderseite der Unterextremität trifft man** Fig. 106 den N. cruralis unterhalb des Lig. Pouparti nach außen von der Art. crural. in der Rinne des M. iliac, wenn man die Elektrode fest gegen das Becken andrückt. Effect: Contraction des Quadriceps und Sartor., energische Unterschenkelstreckung und Schmerz an der Vorder- und Innenseite des Ober- und Unterschenkels bis zur großen Zehe. Der M. tens. fasciae latae erhält zwei Nervenstämmchen, u. z. das obere vom N. glut. sup., das untere vom N. crural. und ist an den Eintrittsstellen beider in die Muskelsubstanz erregbar. Effect: Anspannung der Fascia lata. Der gemeinschaftliche Ast des N. crural. für den M. quadr. fem. lässt sich am innern Rand des M. rect. fem. bei recht starkem Andrücken der

Fig. 107.



Elektroden am angegebenen Punkte isoliren. Effect: Contraction aller Streckmuskeln an der Vorderfläche des Oberschenkels. Der Cruralast für den M. rect. fem. lässt sich vom innern Rande des Muskels (indem man hier die Elektrode unter denselben schiebt) erregen. Der M. cruralis lässt sich an mehreren Stellen, ziemlich constant jedoch von seinem innern Rande her reizen. Der M. vast. ext. ist an zwei Punkten (den Eintrittsstellen seiner beiden Nervenäste) am äußern Rande des M. rect. fem. erregbar. Zur completen Contraction des Muskels muss derselbe an beiden Punkten zugleich mit beiden Elektroden gereizt werden. Der Cruralisast für den M. vast. int. ist auf einer längern Strecke zwischen dem M. vast. int. und Sartor. leicht zu isoliren. Will man der Versuchsperson Schmerz ersparen, so dränge man den M. vast. int. mittels der Elektrode nach außen. Die M. gastrocnemii beziehen ihre Nervenäste vom N. tibial Der Reizpunkt des äußern Bauches (vergl. Fig. 107) liegt etwas höher als jener des innern. Effect: Separate Reizung jedes einzelnen verursacht Contraction der betreffenden Muskel-

hälfte. Da der Tibialisast für den M. soleus tief in die Muskelsubstanz eintritt, muss man denselben intramusculär, außerhalb des Randes der Gastrocn. am besten mit zwei Elektroden zugleich erregen. Der Reizpunkt für den M. flex. hall. long. liegt gerade unterhalb der motor. Punkte für den M. soleus in der Mitte der Außenfläche des Unterschenkels. Effect: Beugung der großen Zehe, sowie der Endphalangen der übrigen Zehen. Der motor. Punkt für den M. abd. dig. min. liegt am äußern Fußrande, circa 4 *cm* vom Metacarpo-Phalangealgelenke der kleinen Zehe entfernt. Die Mm. interossei dors. erregt man auf intramusculärem Wege, indem man die Elektroden am Fußrücken an den angegebenen Punkten zwischen den Metatarsalknochen andrückt. Effect: Ähnlich, wie bei den entsprechenden Handmuskeln, doch im ganzen viel schwächer.

Der N. obturatorius lässt sich am Foram. obt. leicht und sicher treffen, wenn man die Elektrode mit Kraft senkrecht gegen den horizontalen Schambeinast drückt. Effect: Kräftige (jedoch schmerzhafte) Adduction des Oberschenkels. Der Nervenast für den M. pectineus lässt sich schwer isoliren, daher dieser Muskel unterhalb des Erregungspunktes für den N. obt. direct gereizt werden muss. Der M. adduct. magn. kann durch kräftiges Eindrücken der Elektrode an der angegebenen Stelle, viel leichter und völlig schmerzlos dagegen von der Hinterfläche des Oberschenkels aus (vergl. Fig. 106) erregt werden. Der Nervenast für den M. adduct. long. liegt oberflächlich und kann entweder unterhalb des horizontalen Schambeinastes oder weiter abwärts unterhalb des Reizpunktes für den M. adduct. magn. getroffen werden. Der N. peroneus ist ganz leicht am hintern Umfang des Capit. fibulae in der Höhe der Hauptquerfalte der Kniekehle anzutreffen. Effect: Dorsalflexion des Fußes und Extension der Zehen. Der M. tib. ant. hat seinen Reizpunkt ziemlich constant etwa 9 *cm* vom Capit. fibulae entfernt. Effect: Beugung des Fußes bei Erhebung des innern Randes. Der Nervenast für den M. extens. dig. com. long. tritt etwas tiefer und lateralwärts vom motor. Punkte des vorigen in den Muskel. Der M. peron. long. hat seinen Reizpunkt etwa 4 *cm* unter dem Cap. fib. Der motor. Punkt für den M. peron. brev. liegt in der Verbindungslinie der Reizpunkte für den N. peron. und den M. peron. long. etwa in der Mitte der Lateralfläche des Unterschenkels. Der M. extens. hall. long. muss an der angegebenen Stelle direct gereizt werden. Der motor. Punkt für den M. extens. dig. com. brev. liegt unterhalb des äußern Knöchels.

An der Hinterfläche der Unterextremität muss der M. glut. max. wegen der tiefen Lage der N. glut. sup. und inf. an den in Fig. 107 angegebenen Stellen direct gereizt werden. Der N. ischiad. ist am Rande des M. glut. max. in der Mitte zwischen Tub. ischii und Trochant. maj. durch tiefes Eindrücken der Elektroden zu treffen. Effect: Kräftige Beugung des Unterschenkels, Schmerz im Bereiche der sensiblen Äste des Nerven. Der M. biceps fem. erhält für seine beiden Köpfe vom N. ischiad. gesonderte Zweige. Der Reizpunkt für sein Cap. long. liegt in der Mitte der Hinterfläche des Oberschenkels, der motor. Punkt für sein Cap. breve hingegen mehr nach außen und unten von diesem. Der motor. Punkt für den M. semitendinosus liegt in gleicher Höhe mit jenem des Cap. long. des M. biceps; nach innen und unten von diesem liegt der Reizpunkt für den M. semimembranosus. Der N. tibialis lässt sich mit grosser Präcision in der Mitte der Hauptquerfalte der Kniekehle isolirt reizen. Effect: Contraction der Muskeln an der Hinterfläche des Unterschenkels und der Sohle. Nach seinem Austritt hinter dem M. soleus ist der N. tib. mitten zwischen dem innern Tibialisrande und der Achillessehne zu treffen. Effect: Gesammtcontraction der Fußsohlenmuskeln. Der Reizpunkt des M. flex. dig. com. long. liegt am innern Rande der Tibia, wo der Innenrand des M. soleus mit ihr einen spitzen Winkel bildet. Effect: Kräftige Zehenbeugung.

Elektropathologie.

Elektrodiagnostische Methoden.

Im Bisherigen wurden die physikalischen und physiologischen Grundlagen für die Verwertung der Elektricität zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken erörtert. Die sogenannte Elektrodiagnostik wird dermalen vorzugsweise und in erster Richtung zur Differentialdiagnose, Localisation der Prognose motor. Lähmungen, sodann zur

Prüfung der Hautsensibilität herangezogen. Die Elektrodiagnostik gestörter oder anomaler Functionen der Sinnesorgane ist durch die erfolgreiche elektr. Untersuchung des Gehörnerven angebahnt worden und bietet ein fruchtbares Feld für fernere Forschungen.

Wie bei jeder Untersuchungsmethode zu diagnostisch-prognostischen Zwecken wird auch hier ein Zustand, beziehungsweise eine bestimmte Reaction als normal angenommen und gilt jede mehr oder weniger bedeutende Abweichung von dieser Norm als pathologisch. Die normalen elektr. Reactionen wurden im Capitel über Elektrophysiologie erörtert. Jeder motor. und sensible, sowie jeder Sinnesnerv reagirt in bestimmter, ganz gesetzmäßiger Weise auf gewisse Stromeinflüsse. Um in dieser Richtung ein Beispiel anzuführen, tritt bei Reizung eines motor. Nerven an seiner erregbarsten Stelle in dem von ihm versorgten Muskel bei einer gewissen, bestimmten minimalen Stromstärke zunächst K S Z auf; alle andern Zuckungen erfordern eine gesteigerte Stromintensität, und treten in der bekannten Reihenfolge: A S Z, A Ö Z, (diese beiden wechseln oft in ihrer Reihenfolge) K S Te, K Ö Z, A S Te etc. auf. Dabei gilt es als Norm, dass bei einem und demselben Individuum unter normalen Verhältnissen die symmetrischen Nerven der einen und andern Körperhälfte betreff dieser Reactionen niemals erhebliche Differenzen aufweisen; auch stehen die Reizungserfolge derselben Nerven selbst bei verschiedenen Individuen in einem ganz bestimmten Verhältnisse zu einander und erfolgen die Zuckungen blitzartig schnell und präcise, entsprechend dem jeweiligen Reiz. In ähnlicher Weise treten unter normalen Verhältnissen ganz bestimmte Reactionen seitens der Sinnesapparate, der Gefühlsnerven, Muskeln etc. auf.

Diese elektr. Reactionen können nun unter patholog. Verhältnissen entweder e r h ö h t oder h e r a b g e s e t z t oder g a n z e r l o s c h e n sein. Ist die elektr. Nerven- und Muskelerregbarkeit erhöht, so treten auf der betreffenden Körperseite sämmtliche Reactionen bei bedeutend geringern Stromstärken auf, als auf der gesunden; beispielsweise erzeugt derselbe Strom, der auf der gesunden Seite kaum deutliche K S Z hervorruft, auf der erkrankten Seite schon ganz intensive K S Z neben bereits deutlich sichtbarer A S Z und A Ö Z etc.; bei herabgesetzter Erregbarkeit sind auf der erkrankten Seite erheblich größere Stromstärken erforderlich, um dieselben Reactionen hervorzubringen, wie auf der gesunden. Die höheren Reactionsgrade (K S Te, sowie K Ö Te) treten nur mehr schwer auf und bleiben in höheren Graden dieser Störung die einzelnen Phasen dieses Zuckungsgesetzes nach und nach in umgekehrter Anordnung ihres Auftretens aus, bis nur noch bei den größten Stromintensitäten (und oft auch nur erst bei V. A.) eine schwache K S Z auftritt; schließlich erlischt auch diese (aufgehobene Erregbarkeit). Immer aber bleibt die Reihenfolge der Reactionen und die Promptheit der Zuckungen unverändert.

Diese Anomalien der elektr. Erregbarkeit (erhöhte, verminderte und erloschene Erregbarkeit) machen die q u a n t i t a t i v e n e l e k t r. R e a c t i o n s a n o m a l i e n aus. Man unterscheidet vier Reihen derselben, nämlich die Alterationen der galv. und farad. Nervenerregbarkeit einerseits, und die Störungen der galv. und farad. (isolirten) Muskelerregbarkeit andererseits, und kann auf Grund der überwiegend großen Mehrzahl der bisherigen Untersuchungsresultate annehmen, dass für

gewöhnlich die Reizungserfolge aller dieser vier Reihen ziemlich gleichmäßig zu- oder abnehmen.

Außer diesen rein quantitativen Störungen der normalen elektr. Nerven- und Muskelerregbarkeit treten indes noch unter gewissen Verhältnissen anderweitige Reactionsanomalien auf: so z. B. treten die Zuckungen in einer andern, als der normalen Reihenfolge auf; beispielsweise tritt bei einer gewissen Stromstärke schon A S Z ein, während die erste K S Z erst bei vergrößerter Stromintensität erscheint: oder die Zuckung hat ihren blitzähnlichen Charakter verloren und erfolgt träge, langgezogen, wurmartig. Reactionsanomalien dieser Art werden als qualitative Störungen galv. und farad. Nerven- und Muskelerregbarkeit zusammengefasst.

Zur Vornahme elektrodiagnostischer Untersuchungen ist ein bestimmter Apparatencomplex (s. I. Abth.) erforderlich. Unerlässlich ist:

a) Eine entsprechende galv. Batterie.

Außer den in der I. Abth. abgehandelten Batterien wären hier noch die Batterien aus den anscheinend constanten Stein'schen Gelatine-Elementen zu erwähnen.

b) Eine verlässliche Vorrichtung zur Graduirung und Abstufung der Stromintensität: Elementenzähler und Rheostat.

Was letztern anbelangt, so benützte man bisher nur Metallrheostate in der Nebenschließung; hiedurch wurde aber die Batterie rasch abgenützt. Über Dr. Gärtner's Anregung hat J. Leiter in Wien einen einfachen, handlichen, billigen und für die Zwecke der elektr. Untersuchung und Behandlung vorzüglich geeigneten Graphitrheostat construirt, der, direct in die Hauptleitung eingeschaltet, den Strom einer Stationär-Batterie von 40 S.-H.-Elementen allmählich und ohne jede Unterbrechung bis auf 0·1 M. A. abzuschwächen gestattet.

Fig. 108.



Dieser Rheostat (Fig. 108) enthält in einer kreisförmigen, 15*mm* hohen Hartgummibüchse von 10 *cm* Durchmesser einen ringförmigen Pergamentstreifen, auf dessen Vorderseite geschlemmter Graphit aufgetragen und polirt wurde. Dieser Graphitstreif ist zwischen den Drahtklemmen *K K'* durchschnitten und mittels 45 Schrauben an die Schleifcontacte der Deckplatte befestigt. Der Anfang dieses ringförmigen Streifens steht mit der Klemme *K'* und mit der Achse der Drehscheibe *D*, das Ende desselben mit der Klemmschraube *K* in leitender Verbindung. Mittels der Drehscheibe *D* kann eine gespaltene Neusilberfeder *S* über die Schleifcontacte 0—45 bewegt werden, wodurch, wie erwähnt, allmählich und ganz ohne jede Unterbrechung Widerstände bis zu 200.000 Ohms in die Hauptleitung der Batterie *B* eingeschaltet werden können. Diese Rheostate werden entweder mit überall gleich breitem Graphitstreifen hergestellt, wo dann die 45 Widerstände einander gleich sind, oder wird der ringförmige Streif gegen das Ende verschmälert, wo dann immer größere und größere Widerstände eingeschaltet werden können. Diese letztern Rheostate eignen sich vorzugs-

weise zur allmählichen Abstufung von Inductionsströmen (sie werden zu diesem Zwecke ebenfalls in die Hauptleitung beispielsweise des secundären Inductionsstroms eingeschaltet). Diese Rheostate ermöglichen, dass man immer alle Elemente zugleich benützen kann und machen bei kleinen Batterien den Elementenzähler vollkommen überflüssig (ja es genügt selbst bei großen Batterien ein Elementenzähler, der nur je 10 Elemente einschaltet). Durch Benützung sämmtlicher Elemente bei so großem äußern Widerstande wird die ganze Batterie gleichmäßig abgenützt und nicht, wie bei Anwendung eines Elementzählers nur immer die ersten Elemente; andererseits wird die Batterie bei Benützung eines derartigen Rheostates vielmehr geschont als bei Verwendung eines Metallrheostates in der Nebenschließung. Ich verwende sowohl zu elektrodiagnostischen als auch zu elektrotherapeutischen Zwecken zwei derartige hintereinander geschaltete Rheostate und bin mit der Leistung derselben außerordentlich zufrieden.

c) Ein nach absoluten Maßeinheiten (Milli-Amp.) geaichtes, verlässliches Galvanometer zur Messung der jeweiligen Stromintensität.

In der ersten Abtheilung wurde auseinandergesetzt, dass zu elektrodiagnostischen Zwecken nur ein vollkommen aperiodisches, d. h. vollkommen gedämpftes (Edelmann'sches) Horizontalgalvanometer dermalen mit gutem Gewissen empfohlen werden kann. Unter den Verticalgalvanometern eignen sich selbst die besten (die Hirschmann'schen astatischen Verticalgalvanometer, die neuestens tadellos geaicht – aber nicht gedämpft sind) zu elektrodiagnostischen Zwecken absolut nicht, während sie allerdings zu elektrotherapeutischen Zwecken ganz gut verwendbar sein können.

Neuestens hat Prof. Kohlrausch in Würzburg eine Stromwage für schwache Ströme angegeben und vom Mechaniker des Würzburger physikal. Inst. Marstaller ausführen lassen, die sich als leicht transportables, tadellos geaichtes und bequem zu handhabendes Galvanometer für praktische Ärzte, zumal zu Untersuchungen im Hause des Kranken, bestens empfiehlt.

Dieses kleine Instrumentchen besteht aus einer verticalen Drahtspule aus feinem Drahte, welche einer verticalen Glasröhre als Stativ dient. In der Glasröhre hängt eine feine Neusilberdrahtspirale nach abwärts, die an ihrem untern Ende eine magnetisirte Stahlnadel trägt, welche in das Lumen der Drahtspirale hineinragt. An der Verbindungsstelle zwischen Stahlnadel und Drahtspirale befindet sich ein leichtes Hartgummischeibchen, welches nahezu das Lumen der Glasröhre ausfüllt. Wird durch die Windungen der Drahtspule ein Strom geleitet, so wird hiedurch die Stahlnadel in die Spule hinabgezogen. An der Außenseite der Glasröhre befindet sich die Eintheilung von 0—15 M. A. Das Scheibchen dient als Indicator und besorgt in zweiter Richtung die Dämpfung der Schwingungen. Das Instrumentchen ist von äußern Einflüssen unabhängig und gut gedämpft. Ich bin mit einem derartigen Instrument für alle Fälle, bei denen es nicht auf eine große Genauigkeit der Ablesung ankommt, recht zufrieden.

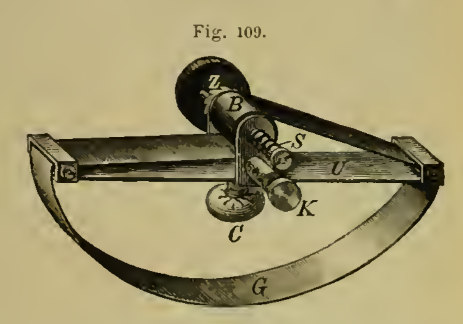
d) Um die einzelnen Untersuchungsresultate miteinander vergleichen zu können, muss man bei allen Untersuchungen außer der Stromintensität auch noch die Stromdichte berücksichtigen. Zu diesem Zwecke empfiehlt es sich, für alle elektrodiagnostischen Untersuchungen eine Einheits- oder Normalelektrode zu verwenden.

Erb hat eine Normalelektrode von 10 cm^2 wirksamer Oberfläche empfohlen. Diese Elektrode (wenn quadratisch von einer Seitenlänge der Platte von 3·2 *cm* und schwach abgerundeten Ecken, wenn kreisrund von 3·6 *cm* Durchmesser) lässt sich wohl an vielen Körperstellen appliciren und kann füglich für die meisten elektrodiagnostischen Untersuchungen beibehalten werden. Handelt es sich aber um Prüfung von nahe beieinander verlaufenden Nerven oder Muskeln, so wäre vielleicht eher die Einheitselektrode von Stintzing zu empfehlen, die eine wirksame Oberfläche von nur 3 cm^2 (Radius 0·9—1 *cm*) besitzt.

Bei elektrodiagnostischen Untersuchungen ist es oft unerlässlich, die Elektrode an der Wahlstelle zu fixiren, um die Hände frei zu haben. Dies lässt sich bequem mit der Gärtner'schen Fixationselektrode ausführen.

Diese nach Dr. G. Gärtner's Angabe von J. Leiter in Wien ausgeführte Fixationselektrode ist in Fig. 109 dargestellt. An der Unterseite eines 10—15 *cm* langen und 3 *cm* breiten ebenen Stückes einer starken Uhrfeder *U* ist in der Mitte ihrer Länge ein Messingbügel so angenietet, dass seine Schenkel nach aufwärts ragen und die Lager für eine horizontale Achse bilden, während ihr Verbindungsstück an der Unterseite dieser Stahlfeder eine kurze Schraubenspindel oder ein Gewinde zum Anschrauben eines beliebigen Polendes *C* besitzt. Die vorerwähnte horizontale Achse trägt an dem einen Ende einen Hartgummiknopf zum Drehen und unter diesem einen Sperrstift, der über die Zähne eines, an dem einen Schenkel des Winkels angenieteten, unbeweglichen Sperrades *Z* nach der einen Richtung gleitet und das Drehen in entgegengesetzter Richtung verhindert. Diese Sperrvorrichtung wird noch durch eine Spiralfeder *S* am entgegengesetzten Ende der Achse, die sich gegen das zweite Achsenlager stützt, ergänzt. Diese Spiralfeder lässt sich durch Ziehen am Hartgummiknopf zusammenpressen, in welchem Falle der letztere auch in entgegengesetzter Richtung gedreht werden kann. An der Achse ist eine Stelle eines in sich ringförmig geschlossenen, 3 *cm* breiten und etwa 65 *cm* langen unelastischen starken Seidenbandes *B* befestigt, das an den beiden Enden des Stahlfederstückes *U* zum Schutze vor dem Abgleiten unterhalb je einer angenieteten Metallspange über Rollen geht und sich durch Drehen der Hartgummischeibe in doppelter Lage um die horizontale Achse aufwindet. Wird diese Vorrichtung mit einem entsprechenden Polende (Normal- oder Einheitselektrode) armirt, mittels der Drahtklemme *K* mit dem einen Batteriepol leitend verbunden, an eine beliebige Körperstelle applicirt, die Schlinge *G*, welche das ringförmige Seidenband bildet, um den betreffenden Körpertheil angelegt und durch Drehen des Hartgummiknopfes verkleinert, so kann das Polende beliebig fest gegen die Haut angedrückt werden, und bleibt infolge der gleichmäßigen Wirkung der elastischen Feder, selbst bei ziemlich energischen Körperbewegungen unverrückt mit gleichem Drucke an derselben Stelle fixirt. Diese bequeme Fixationselektrode habe ich (gleich Gärtner) bei Prüfung der elektr. Nerven- und Muskelerregbarkeit mitunter bis zur Dauer einer Stunde verwendet und klagten die Untersuchten weder über Schmerz, noch war der Rückfluss des Blutes gehemmt, weil jene Partien des eingeschalteten Körpertheils, die sich unterhalb des 15 *cm* langen Stahlfederstückes befinden, vom Drucke verschont bleiben.

Fig. 109.



e) Außer diesen zur Prüfung der galv. Nerven- und Muskelerregbarkeit unentbehrlichen Apparaten ist zur Prüfung der farad. Erregbarkeit noch ein Normal-Inductionsapparat erforderlich.

Allgemein hört man die Klage, dass die Resultate der farad. Exploration nicht kurzweg untereinander verglichen werden können. Wenngleich wir noch ferne davon sind, hier annähernd so exact untersuchen zu können, wie mit dem galv. Strome seit Einführung der absolut geaichten Galvanometer und der Benützung einer Normalelektrode (Erb) so könnten doch wenigstens vergleichbare Resultate gewonnen werden, wenn man den pag. 213 beschriebenen von der internationalen Gelehrtenconferenz in Paris empfohlenen Normal-Inductionsapparat benützt und vielleicht als Stromesquelle eine entsprechende Thermobatterie verwendet. Erwähnt sei hier nur, dass ich seit einer Reihe von Jahren mich bemühe, ein Mittel zu ersinnen, das es ermöglichte, die Intensität der Inductionsströme präciser angeben zu können. Vorerst meinte ich, müssten die Ströme der Secundärspirale, die dermalen bei allen elektromedicinischen Apparaten bekanntlich Wechselströme verschiedener Intensität und differenten zeitlichen Verlaufs sind gleichgerichtet und womöglich gleich rasch ablaufend und gleich intensiv sein. Gleich intensive Inductionsströme lassen sich neuestens nach dem Principe der J. C. Pürthner-schen Doppelinduction dadurch erreichen, dass man zwei in jeder Beziehung gleich-

construirte Primärspulen auf eine einzige Secundärspule wirken lässt und dieselben mit dem Wagner'schen Selbstunterbrecher so verbindet, dass der Hammer beim Hinauf- und Hinabgehen Contacte berührt, wodurch der inducirende Strom alternirend in beiden Spulen geschlossen wird (diese aber in entgegengesetzter Richtung durchfließt). Die secundären Inductionsströme setzen sich daher immer aus dem Schließungsimpulse der einen und dem Öffnungsimpulse der andern Primärspirale zusammen, die sich in ihrem Effecte infolge der entgegengesetzten Schaltung summiren, wodurch (zeitlich) gleichverlaufende und gleich intensive Inductionsströme resultiren. Aber auch die Gleichrichtung gelang bereits nach mehreren Methoden, bezüglich deren ich auf meine vorläufige Mittheilung („Über Neuerungen an Inductionsapparaten" in der Zeitschrift für Elektrotechnik 1886, Heft VI) hiemit verweise.

Bei allen elektrodiagnostischen Untersuchungen muss man zielbewusst vorgehen, sein Instrumentarium vollkommen beherrschen, dem Kranken möglichst wenig Schmerzen und Unbequemlichkeiten bereiten und alle Zeit, sowohl die Nerven, wie auch die Muskeln getrennt mit beiden Stromesarten untersuchen.

Handelt es sich um die Prüfung der galvanischen Nerven- und Muskelerregbarkeit, so wird vorerst die wohlbefeuchtete Normalelektrode an der betreffenden Körperstelle (cfr. motorische Punkte) applicirt und womöglich fixirt, sodann mit Galvanometer, Graphitrheostat und Commutator in die Hauptleitung der Batterie eingeschaltet und der zweite Batteriepol in Form einer (30—50 cm^2) großen, wohldurchfeuchteten Plattenelektrode am Sternum aufgesetzt. Mit Hilfe des Graphitrheostates verstärkt man nun allmählich den Strom und führt bei feststehenden Elektroden mit dem Commutator kurze Kathodenschließungen aus; zwischen diesen Schließungen und Verstärkungen des Stromes muss (weil ja die Elektroden am Körper fixirt sind) der Strom allemal ausgeschaltet werden, was man durch Verstellung des Commutators auf 0 bewirkt. Unterlässt man diese Vorsicht, so bereitet man den Untersuchten unnöthige und bei intensiveren Stromstärken geradezu unerträgliche und vor jeder ferneren elektrischen Untersuchung abschreckende Schmerzen. Tritt die erste, leichteste eben merkliche K S Z auf, so begibt sich der Untersuchende an das Galvanometer und schließt den Strom neuerdings, während er das Galvanometer beobachtet und den abgelesenen Stromwert als die für die minimalste K S Z erforderliche Stromintensität notirt. Sodann verstärkt er allmählich die Stromintensität und bestimmt die übrigen Phasen des Zuckungsgesetzes in derselben Weise, indem er durch Stromwendung (bei offener Säule) die differente Elektrode abwechselnd zur An. oder Ka. macht.

Das Hauptaugenmerk ist darauf zu richten, in jedem Augenblick über die beiden Pole vollständig orientirt zu sein und genau zu wissen, ob man mit der Ka. oder An. untersucht. In zweiter Richtung muss die eine Hand des Untersuchenden fast beständig am Commutator ruhen, während die andere Hand den Rheostat oder Stromwähler bedient. Zu diesem Zwecke müssen beide Elektroden sicher fixirt sein; die am Sternum placirte indifferente Elektrode kann man verlässlichen Patienten zum ruhigen stabilen Halten überlassen. Die Stromschließungen müssen mit dem Commutator rasch ausgeführt und der Strom sofort wieder geöffnet werden. Ein brauchbarer handlicher Commutator ist daher ein sehr wichtiger Behelf bei allen galvanischen Erregbarkeitsprüfungen. Ich habe mir an meiner Stationärbatterie einen Contacttaster anbringen lassen, der mich der beständigen Handhabung des Commutators überhebt und jede unerwünschte längere Schließung von vorneherein ausschließt. Der Strom ist nur solange geschlossen, als ich auf den Knopf drücke und wird in demselben Momente unterbrochen, als ich mit dem Drucke aufhöre.

Neben der Vorrichtung zum Schließen und Unterbrechen des Stromes ist in zweiter Richtung das Galvanometer ein unentbehrliches Requisit für jede galv. Erregbarkeitsprüfung. Es muss vollkommen aperiodisch und verlässlich geaicht sein. Benützt man die Stromwage nach Prof. Kohlrausch, so ist noch zu erwähnen, dass dieser Apparat zwischen Batterie und dem Commutator eingeschaltet werden muss, weil in demselben die Ströme nicht commutirt werden dürfen; der eine Batteriepol geht zur Stromwage und von dieser zum Commutator, der andere wird direct zum Commutator geführt und von hier, wie vorhin besprochen, weiter geleitet.

Benützt man jedoch zu derlei Untersuchungen, was bisher leider ziemlich oft geschah, unzuverlässig geaichte und einerseits nicht vollkommen gedämpfte Horizontal- oder aber gar Verticalgalvanometer, so sind die erhaltenen Stromwerte ungenau und daher wertlos. Die Hauptursache dieser Fehlerquelle liegt darin, dass man bei schlecht gedämpften Galvanometern nach Schluss der Kette eine erhebliche Zeit warten muss, bis das Galvanometer zur Ruhe kömmt; inzwischen sinkt (cfr. pag. 234) der Widerstand der Körpergewebe des Untersuchten bedeutend und die abgelesene Stromstärke ist demzufolge nicht mehr jene, welche beispielsweise die erste K S Z hervorbrachte, sondern eine bedeutend größere. Um diese Fehlerquelle zu eliminiren hat Dr. Gärtner eine neue elektrodiagnostische Untersuchungsmethode [1]) und die hiezu nöthigen Instrumente [2]) angegeben, durch welche der Strom mittels eines von Dr. M. Th. Edelmann in München construirten, sehr sinnreichen Pendelschlüssels nur für eine bestimmte kurze Zeit ($^1/_4$ Sec. mit Benützung des Gegengewichts am Pendel und für eine noch kürzere Zeit ohne diesem) geschlossen werden kann, während welcher er jedenfalls noch keine in Betracht kommende Veränderung hervorzubringen imstande ist (was übrigens bei der vorhin auseinandergesetzten Handhabung des Commutators oder eines Tasterschlüssels auch erzielt wird) und man zugleich fast vollkommen isochron mit der Zuckung an einem zugehörigen Galvanometer die benützte Stromstärke abzulesen vermag. Dieses Galvanometer ist eine Modification des (pag. 159 beschriebenen) großen Edelmann'schen Einheitsgalvanometers, die darin besteht, dass hier die Windungszahl bedeutend vergrößert und noch überdies in die Öffnung des glockenförmigen Magnetes ein Messingstück zur Erhöhung seines Trägheitsmomentes eingeschoben ist. Hiedurch ist das Galvanometer nicht mehr vollständig gedämpft, vollführt jedoch seine Schwingungen langsam, so dass man die Zeigerbewegungen mit dem Auge verfolgen kann. Die Aichung dieses Instrumentes ist mit Hilfe des erwähnten Pendelschlüssels vorgenommen und gelten die Stromwerte für den Grenzwinkel des ersten Ausschlages des Zeigers (daher dies Instrument sich auch nur zu diagnostischen Zwecken eignet). Gärtner notirt bei Ausführung der kurz dauernden Schließungen mit Hilfe des erwähnten Pendelschlüssels die Grenzwerte des ersten Zeigerausschlages als die den einzelnen Phasen des Zuckungsgesetzes entsprechenden Stromintensitäten. Er rühmt dieser seiner Methode nach, dass man mit Hilfe derselben mit der größten Präcision die Stromwerte für die Minimalzuckungen, wie mit keiner andern Methode zu bestimmen vermöge, dass durch dieselbe weder die Erregbarkeit der Nerven und Muskeln während der kurzen Stromschließungen irgendwie alterirt würden, noch dass der Untersuchte hiebei irgendwelchen nennenswerten Schmerz empfände und der Untersuchende überdies noch rascher zum Ziele käme. Dies Alles gilt aber nur gegenüber den Untersuchungen mit mangelhaft oder gar nicht gedämpften Galvanometern; führt man die Untersuchung dagegen genau nach der von mir angegebenen Methode mit Hilfe des vollkommen gedämpften Edelmann'schen großen Einheitsgalvanometers aus, so erhält man fast ebenso genaue Stromwerte, wie mit Hilfe des Gärtner'schen Apparates. An dem von mir benützten Edelmann'schen Einheitsgalvanometer kömmt der Zeiger bei 1 M. A. nach $^1/_2$ Sec., bei 2 M. A. nach 1 Sec., bei 3 M. A unmittelbar nach 2 Sec. etc. und bei den größten zu diagnost. Zwecken verwendbaren Stromstärken nach 3 Sec. zur Ruhe. Nach Stintzing und Gräber [3]) erreicht jedoch bei Anwendung dieser Stromstärken die Widerstandsabnahme in der angegebenen Zeit ihr Maximum, und kann man mit größter Präcision auch nach der von mir angegebenen Methode die Werte für die Zuckungsminima bestimmen.

Handelt es sich um die Prüfung der **faradischen** Nerven- und Muskelerregbarkeit, so bediene man sich eines Normal-Inductionsapparates und bestimme die erste Minimalzuckung bei

---

[1]) Wr. med. Jahrb. 1885, pag. 389. [2]) Ibid 1886, pag. 161. [3]) Ges. f. Morpholog. und Physiolog. zu München. VI. Sitzung vom 6. Juli 1886.

Benützung der Ka. des Öffnungsstromes der Secundärspirale, die man als differente (wohlbefeuchtete Schwammkappen-Normal-) Elektrode verwendet, während die An. als indifferenter Pol mittels breiter Schwammkappen-Elektrode am Sternum ruht. Will man die Elektroden am Körper fixiren, so muss in der Leitung ein Contacttaster vorhanden sein, mittels dessen der Strom nur für die Dauer einer $^1/_4$—$^1/_2$ Sec. geschlossen wird, während man durch Verschiebung der secundären Rolle (die anfangs ganz über die Primärrolle weggeschoben war), den Strom allmählich verstärkt. Als Stromwert für die Minimalzuckung notirt man den Rollenabstand (R A) der Secundärspirale. (Sind beide Spulen ganz übereinander geschoben, so ist — bei grösster Stromintensität — der R A = 0.)

Die Pole des galv. und farad. Stromes bestimmt man am einfachsten nach dem Gefühle. Derjenige Pol, der bei mittelstarkem Strome, zumal bei Stromwendungen die intensivere cutane Schmerzsensation vermittelt, ist in beiden Fällen die Ka. Beim galv. Str. kann man die Pole auch gleich mit Hilfe des Galvanometers oder der bekannten Jodstärkekleisterpapier-Probe bestimmen und sollte die Schaltung derart ausgeführt sein, dass man durch Verstellung des Commutators jedesmal über die Lage der Pole orientirt wäre. Bei der Prüfung mit dem galvan. Str. braucht man bei Verwendung eines Milliampèremeters den Leitungswiderstand des Körpers nicht weiter zu berücksichtigen, da er in der für die einzelnen Phasen des Zuckungsgesetzes gefundene Stromintensität schon zur Geltung gekommen ist; hingegen empfiehlt es sich bei farad. Prüfung unter Anwendung einer bestimmten Elementzahl mit Hilfe des Galvanometers den Widerstand des Körpers annähernd zu bestimmen (je größer nämlich der Ausschlag bei derselben Elementzahl, desto geringer der Körperwiderstand).

Die so gefundenen Stromwerte notire man am besten nach v. Ziemssen's Vorgang in ein eigenes, nur für elektrische Untersuchungen eingerichtetes Protokoll:

Name: .... *Diagnose:*

Datum	Rechts	Bezeichnung des untersuchten Nerven oder Muskels			Links
		.... mm R A	Farad. E	.... mm R A	
		.... M A	K S Z	.... . M A	
		..... „	A S Z	...... „	
	A.	..... „	A Ö Z	...... „	B.
		..... „	K S Te	...... „	
		...... „	K Ö Z	...... „	
		.... „	A S Te	..... „	
		..... „	.....	...... „	

Die mittlern 3 Felder dienen für die Bezeichnung und Notirung der Stromwerte für beide Körperseiten; die leeren Felder A und B sind für Bemerkungen über die Form der Zuckung (blitzähnlich schnell oder träge) eventuell für Angaben über den L W, die mechanische Erregbarkeit, etc. bestimmt.

Wie bereits oben erwähnt, ist die Vertrautheit mit der Topographie der motorischen Punkte [1]) und eine gesonderte Untersuchung, sowohl der Nerven, wie der Muskeln mit beiden Strömen die erste Vorbedingung für jede elektrodiagnostische Exploration. Dem sei hier noch hinzugefügt, dass überdies auch noch allezeit derselbe Nerv oder Muskel beider Körperhälften auf die angegebene Weise untersucht werden soll; denn ist die Läsion, die zur elektrischen Untersuchung

[1]) Die Lage der motorischen Punkte übt man am besten mittels des faradischen Stromes (Ka. des secundären Öffnungsstromes) an seinem eigenen Körper ein.

Veranlassung gab, einseitig, so wird oft schon ein Vergleich zwischen rechts und links über den Zustand des gelähmten Nerven oder Muskels in diagnostisch-prognostischer Richtung Aufschluss geben. Dies setzt allerdings voraus, dass unter normalen Verhältnissen die Erregbarkeit symmetrischer Nerven und Muskeln beiderseits gleich sei, was durch zahlreiche Versuche bestätigt worden ist. So fand Erb:

Am:	N. frontalis		N. accessor.		N. ulnar.		N. peron.	
die erste	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.
K S Z	1·4	1·2	0·5	0·5	0·4	0·4	1·5	1·5
K D Z	8·0	8·0	4·0	4·0	6·0	5·5	7·0	7·0

Ich constatirte an mir selbst:

Am:	N. uln. am Olekranon		N. uln. am Erbsenbein		N. rad.		N. peron.		N. med.	
die erste	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.
K S Z	1·0	1·0	1·7	1·8	1·4	1·3	1·5	1·5	0·5	0·5

Bei der faradischen Untersuchung fallen Differenzen der Schwellenwerte zwischen rechts und links von 16—18 *mm* R A noch in die Breite der normalen Reactionen, wogegen erhebliche Differenzen darüber oder darunter als pathologisch anzusprechen sind.

Tritt beispielsweise die erste Zuckung auf der erkrankten Seite bei 138 *mm* R A auf, dagegen auf der gesunden Seite bei 118 *mm* R A, so ist die farad. Erregbarkeit der erst untersuchten Seite erhöht, vorausgesetzt, dass keine erhebliche Differenz im L W zwischen rechts und links vorhanden ist. Wäre der L W an der erst untersuchten Stelle gegen den auf der andern Seite merklich herabgesetzt, so wäre die Annahme einer erhöhten farad. Erregbarkeit daselbst sehr in Frage gestellt; sind aber die L W beiderseits gleich, so ist die Annahme einer Herabsetzung der farad. Erregbarkeit berechtigt. Wäre der L W an dieser Stelle vielleicht gar erhöht, so würde dies die besagte Supposition umsomehr bekräftigen.

Sind beide Körperhälften jedoch erkrankt, und der Vergleich zwischen rechts und links daher nicht statthaft, so vergleicht man die Reactionen der einzelnen Nerven, die an einem und demselben Individuum in einem gewissen Verhältnisse zu einander stehen. Erb und v. Ziemssen haben für diesen Vergleich den Schwellenwert für den ersten K S Te (K D Z) als maßgebend hingestellt. Ich bin jedoch gleich vielen Anderen der Ansicht, dass es sich vielmehr empfehlen würde, den Schwellenwert für die erste K S Z zum Vergleiche und zur Abschätzung, ob eine Reaction noch in die Breite des Normalen fällt, oder bereits als pathologisch anzusehen sei, heranzuziehen, weil zur Hervorrufung des K S Te schon unter normalen Verhältnissen ein sehr intensiver Strom erforderlich und diese Reactionsphase außerdem noch oft (aus anderweitigen Gründen) gar nicht zu erzielen ist.

Zur Begrenzung normaler und pathologischer Befunde hat Stintzing aus einer großen Reihe elektrodiagnostischer Untersuchungen die specifischen Reactionswerte für die einzelnen Nerven und Muskeln unter normalen Verhältnissen bei Benützung seiner Einheitselektrode ($3\,cm^2$) als differenten Pol bestimmt und die Grenzwerte für die erste K S Z, beziehungsweise die erste faradische Minimalzuckung in folgenden Tabellen zusammengestellt.

1. Tabelle der **Grenzwerte**, innerhalb welcher die normale Erregbarkeit der einzelnen Nerven sich abspielt, sodann der **Mittelwerte** und der **Extremwerte**, sowie der **Maximaldifferenzen** beider Körperhälften.[1])

Nerven	Erregbarkeit									
	Galvanische [2])					Faradische [3])				
	Unteres Extrem	Grenzwerte	Mittelwert	Oberes Extrem	Maximal-Differenz beider Körperhälften	Unteres Extrem	Grenzwert	Mittelwert	Oberes Extrem	Maximal-Differenz beider Körperhälften
N. facialis . .	0·8	1·0—2·5	1·75	2·8	1·3	145	132—110	121	102	10
R. frontalis . .	0·6	0·9—2·0	1·45	2·5	0·7	—	137—120	128·5	117	10
R. zygomaticus	—	0·8—2·0	1·4	2·5	—	145	135—115	125	110	—
R. mentalis . .	—	0·5—1·4	0·95	—	—	—	140—125	132·5	118	—
N. accessorius .	—	0·10—0·44	0·27	0·6	0·15	—	145—130	137·5	125	10
N. musculo-cutaneus . . .	—	0·04—0·28	0·17	0·35	0·19	—	145—125	135	122	10
N. medianus .	0·27	0·3—1·5	0·9	2·0	0·6	141	135—110	122·5	100	12
N. ulnaris I. [4])	—	0·2—0·9	0·55	1·3![6])	0·6	145	140—120	130	110!	6
N. ulnaris II. [5])	—	0·6—2·6	1·6	—	0·7	—	130—107	118·5	—	11
N. radialis .	0·7	0·9—2·7	1·8	3·0	1·1	125	120—90	105	—	16
N. cruralis . .	0·3	0·4—1·7	1·05	2·6!	0·6	—	120—103	111·5	—	8
N. peroneus . .	—	0·2—2·0	1·1	2·7!	0·5	138	127—103	115	95	13
N. tibialis . .	—	0·4—2·5	1·45	—	1·1	125	120—95	107·5	93	10
N. axillaris . .	—	0·6—5·0	2·8	—	0·7	—	125—93	109	67	13
N. thoracic. ant.	—	0·09—3·4	1·75	—	1·3	—	145—110	127·5	—	20!

2. Tabelle der Strombreiten, innerhalb welcher ungefähr die Minimalzuckungen der Muskeln stattfinden.[7])

Musculus:	Erste K S Z in M A	Far. Minimalzuckung R A in mm	Flächeninhalt der diff. Elektrode
cucullaris	1·6	116	12 cm^2
deltoideus	1·2—2·0	123—100	„
pectoralis major	0·4	117	6 cm^2
pectoralis minor	0·1—2·5	133—107	„
serratus ant. maj.	1·0—8·5!	115—70!	12 cm^2
supinator long.	1·1—1·7	109—106	3 cm^2
extens. dig. comm.	0·6—3·0	115—95	„
extens. carpi. radial. . . .	0·8	112	„
extens. pollic. brev.	1·5—3·5	118—107	„
pronator teres	2·5—2·8	115	„
flex. dig. subl.	0·3—1·5	138—116	„
ulnar. int.	0·9—2·9	133—96	„
abd. dig. min.	2·5	115—110	„
rect. femoris	1·6—6·0	123—95	20 cm^2
vastus int.	0·3—1·3	115—113	„
tibialis ant.	1·8—5·0	123—106	12 cm^2

[1]) Stintzing: Üb. elektrodiagnostische Grenzwerte. Deutsch. Arch. f. klin. Med. XXXIX. Bd., pag. 119. — [2]) Erste K S Z ausgedrückt in M A bei Verwendung seiner Einheitselektrode von 3 cm^2 Oberfläche. — [3]) Minimalzuckung ausgedrückt in mm R A; Elektrode = 3 cm^2 Oberfl. — [4]) N. uln. oberhalb des Olekranon (Reizstelle nach Erb). — [5]) N. uln. zw. Condyl. int. u. Olekranon (Reizstelle nach v. Ziemssen). — [6]) ! bedeutet eine höchst wahrscheinlich pathologische Reaction. — [7]) Stintzing l. c., pag. 124.

Befunde diesseits und jenseits dieser Grenzwerte können füglich als pathologische angesehen werden.

Die bisherigen Angaben der Stromwerte für die übrigen Phasen des Zuckungsgesetzes unter normalen Verhältnissen variiren nicht unerheblich untereinander, einerseits, weil von den einzelnen Untersuchern verschiedene Querschnitte für die differente Elektrode benützt wurden (weshalb die auf den Nerven wirkenden Stromdichten jedesmal andere waren), andererseits weil verschiedenwertige Galvanometer zur Bestimmung der Stromintensitäten herangezogen wurden. Bei Feststellung der in der folgenden Tabelle als Beleg für das Gesagte zusammengestellten Stromwerte benützten Erb, Gärtner und ich das Edelmann'sche (große Einheits-) Galvanometer, N. Weiss ein im Milli-Weber (cfr. pag. 172) geaichtes Gaiffe'sches vollkommen ungedämpftes Galvanometer; Erb und ich bedienten uns hiebei der Normalelektrode von 10 cm^2, Bernhardt einer Elektrode von circa 5 cm^2, Weiss einer solchen von 3 cm^2 und Gärtner gar einer Elektrode von nur 0·78 cm^2 Berührungsfläche.

	Stromesintensitäten für Normalzuckungen in M. A.													in M. W.
	nach Erb				nach Bernhardt			nach Lewandowski			nach Gärtner			nach N. Weiss
	N. accessor.	N. uln.	N. rad.	N. peron.	N. uln.	N. rad.	N. peron.	N. uln.	N. rad.	N. med.	N. uln.	N. rad.	N. med.	durchschnittlich
KSZ . . .	0·25	0·5	1·0	1·25	1·8	2·0	2·5	1·0	1·8	0·8	0·6—1·5	0·2—3·0	0·2—1·6	1·5—3·5
AOZ . .	3·0	1·25	4·0	2·5	2·0	3·5	5·0	2·5	3·7	1·0	—	—	5·0—6·0	2·5—4·5
ASZ . . .	1·0	1·75	4·5	4·0	2·5	5·0	8·5	1·3	3·5	0·9	1·7—3·0	2·0—6·0	0·4—5·0	2·5—4·5
KDZ . . .	6·0	4·0	8·0	6·0	7·0	8·0	9·0	4·3	7·8	4·0	—	—	—	5·0—7·5
KÖZ . . .	7·0	4·5	—	7·0	5·0	—	—	4·9	9·0	6·0	—	—	—	7·0—10·0

Bei Angaben der Stromwerte gelegentlich der Verwendung der Elektricität zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken, ist die Angabe des als differenten Pols benützten Elektrodenquerschnittes unerlässlich, da der Reizeffect des Stromes nicht von der absoluten Stromstärke, sondern lediglich von der jeweilig zur Wirkung kommenden Stromdichte abhängt. Allerdings können wir nur die Stromdichte an der Applicationsstelle controliren und haben gar keine Vorstellung davon, der wievielte Theil dieser Stromdichte auf den Nerv oder Muskel direct einwirkt; aber gerade deshalb sollen zu allen elektr. Untersuchungen ein für allemal ausschließlich nur dieselben Einheits- oder Normalelektroden benützt werden. Die Stromdichte $D = \frac{J}{Q}$ [1]) (cfr. pag. 64 sq.), d. h. die Stromdichte ist der Stromintensität direct, dem Elektrodenquerschnitt verkehrt proportional. Dieser mathematische Ausdruck lässt sich jedoch nicht so ohneweiters, wie er etwa für cylindrische oder prismatische Leiter aus Metall gilt, in die Elektrodiagnostik und Elektrotherapie übertragen; wenigstens was die Verwendung der Elektricität zu diagnostischen Zwecken betrifft, gilt ganz sicher die einfache Multiplication des Ausdruckes $\frac{J}{Q}$ mit einem beliebigen Factor nicht als gleichwertig für ein und dieselbe Stromdichte. Ich kam gelegentlich einer Reihe von Untersuchungen anlässlich der Controverse, ob Stromdichten in Decimalbrüchen oder in gemeinen Brüchen auszudrücken seien, zu dem erwähnten Resultate und fand, dass beispielsweise Stromdichten von $\frac{1}{10}, \frac{2}{20}, \frac{3}{30}, \frac{4}{40}$ durchaus nicht gleichwertig seien, sondern dass bei Vergrößerung der Elektrodenfläche die Stromstärke nicht in demselben Verhältnisse verstärkt zu werden brauche, um einen bestimmten physiologischen Minimaleffect hervorzurufen. Stintzing kam zu demselben Resultate und fand beispielsweise, dass der physiologische Reizeffect der Stromdichte $\frac{1}{10}$ etwa gleichwertig sei jenem der

[1]) J = der in M A ausgedrückten Stromstärke, Q = der in cm^2 ausgedrückten Elektrodenfläche des differenten Poles.

Stromdichte von $\frac{2}{40}$ und nicht, wie zu erwarten stünde, der Stromdichte von $\frac{4}{40}$. Ein bestimmtes physiologisches Verhältnis in dieser Richtung ließ sich leider bisher nicht aufstellen. Aus dem Gesagten folgt jedoch, dass die Angaben über Stromdichten in gemeinen Brüchen und nicht in Decimalbrüchen erfolgen sollten, weil man aus letzteren weder den absoluten Wert der benützten Stromstärke, noch jenen der in Anwendung gezogenen Elektrodenoberfläche für den differenten Pol zu ersehen imstande ist.

Die Stintzing'schen Normalwerte wären bei Benützung der Erb'schen Normalelektrode, dem eben Gesagten zufolge, annähernd zu verdoppeln.

Bei elektrodiagnostischen Untersuchungen fange man regelmäßig mit der Prüfung der farad. Nerven- und Muskelerregbarkeit an und übergehe erst, wenn man durch das Resultat dieser Untersuchung schon im allgemeinen orientirt ist, zur Prüfung der galv. Nerven- und Muskelerregbarkeit, deren Veränderungen in der Mehrzahl der Fälle einander parallel ablaufen; die bemerkenswerten Ausnahmen von dieser Regel sollen weiter unten angegeben werden. Hauptsächlich aber beginne man die elektr. Untersuchung der Nerven und Muskeln aus dem Grunde mit dem farad. Strome, weil durch letzteren der L W der Körpergewebe fast gar nicht verändert wird (Stintzing, Graeber), während bekanntlich durch den galv. Str. der L W des Körpers eine erhebliche Verminderung erfährt (Gärtner, Jolly).

Bei Feststellung der galv. Nerven- und Muskelerregbarkeit ist es nicht nöthig, etwa alle ergriffenen Nerven und Muskeln in einer Sitzung zu untersuchen, oder jedesmal alle Phasen des Zuckungsgesetzes hervorzurufen, sondern vertheile man die Untersuchung so, dass täglich allerhöchstens $^1/_2$ Stunde auf die Untersuchung allein entfalle. Vor allem aber handle man ziel- und planbewusst und beherrsche sowohl die Methode, wie auch das Instrumentarium!

Veränderungen der normalen elektrischen Erregbarkeit der motorischen Nerven und Muskeln.

Bei motor. Lähmungen erwartet man gewöhnlich Veränderungen der normalen elektr. Erregbarkeit der motor. Nerven und Muskeln. Dies trifft jedoch nur für die überwiegende Mehrzahl dieser Fälle zu, während es andererseits Lähmungsformen gibt, bei denen, selbst nach Jahren entweder gar keine oder nur ganz unbedeutende Veränderungen der elektr. Erregbarkeit der Nerven und Muskeln zu finden sind, Fälle, in denen mitunter die elektr. Exploration allein ein entscheidendes differentialdiagnostisches Moment liefert. So bleiben z. B. bei allen rein cerebralen Lähmungen gewöhnlich die elektr. Reactionen der Nerven und Muskeln auf beide Stromarten normal — so lange keine Degeneration dieser Gebilde eintritt; nur, wenn nach längerem Bestande dieser Lähmungen derartige Veränderungen in den Nerven oder Muskeln platzgreifen, beobachtet man ein übrigens unbedeutendes quantitatives Sinken u. zw. hauptsächlich der faradomusculären Erregbarkeit. Bei spinalen Erkrankungen fehlen namentlich qualitative Veränderungen der elektr. Erregbarkeit solange die graue Substanz vollkommen intact geblieben ist. Bei peripheren Lähmungen lässt sich normale oder nur geringgradig quantitativ veränderte Erregbarkeit nachweisen, solange Nerven und Muskeln von degenerativen Veränderungen verschont

bleiben. Bei den sogenannten symptomatischen Lähmungen (z. B. den hysterischen Paraplegien) bleiben die elektr. Reactionen ebenfalls normal.

A. Quantitative Veränderungen der elektr. Erregbarkeit motor. Nerven und Muskeln.

a) **Steigerung** der Erregbarkeit der Nerven und Muskeln für beide Stromarten deutet stets auf einen Reizzustand in den Centren der untersuchten Gebilde oder auf eine Beschränkung oder Aufhebung des Hemmungseinflusses seitens des Gehirns auf die peripheren Nervenbahnen hin und kommt als erstes Initialsymptom, sowie im Verlaufe verschiedener Krankheiten vor. Sie ist gekennzeichnet durch geringe Stromwerte für die erste K S Z, sowie durch das rasche und leichte Auftreten der übrigen Reactionsphasen. Dabei ist die Contractionsempfindung und der Schmerz gering, letzterer oft gänzlich fehlend. Mittels eines guten Galvanometers und der Stintzing'schen Grenzwerte lässt sich übrigens jeder Grad dieser Erregbarkeitsveränderung mit Sicherheit nachweisen.

Erregbarkeitssteigerung wurde zunächst bei cerebral bedingten Lähmungen, zumal bei den mit Reizerscheinungen verbundenen (z. B. bei Hemiplegien mit Contracturen) ziemlich oft beobachtet (Brenner, Benedikt, Mendelssohn, M. Rosenthal, Pierson), sodann im Anfangsstadium von Hirntumoren (Pierson) und bei der progressiven Paralyse der Irren (Svetlin) nachgewiesen.

Sie kommt ferner bei verschiedenen spinalen Erkrankungen vor, so z. B. als Initialsymptom, zumal irritativer Formen von Tabes dors. (Erb), sowie auch im späteren Verlaufe dieses Leidens (Stintzing), im Initialstadium der spinalen Meningitis und Lateralsklerose, sowie bei Commotio med. spin. mit Parese und Anästhesie (Erb), bei Paraplegien infolge von Myelitis transversa (Erb), bei Myelit. cerv. acuta und Myelit. dors. subacuta (Stintzing), sowie bei der progr. Muskelatrophie u. zw. hier einerseits öfters als erster und einziger patholog. Befund (Benedikt, Bernhardt, Eulenburg, Friedreich, Onimus, M. Rosenthal), andererseits auch in späteren vorgeschrittenern Stadien der progr. Muskelatrophie, u. zw. ohne Ea R (Stintzing). Auch wurde gesteigerte elektr. Erregbarkeit bei progressiver Muskelatrophie in functionell und trophisch normalen motor. Gebieten beobachtet (Stintzing) und gilt hier als omen malum.

Erregbarkeitssteigerung kommt ferners als Theilerscheinung des Ablaufes verschiedener peripherer Lähmungen, zumal im Anfangsstadium derselben vor, z. B. bei rheum. Facialislähmungen (Erb, Brenner, Berger, E. Remak), sodann in Fällen acuter Neuritis (Erb, F. Fischer, Leegaard, Nothnagel), bei Drucklähmungen des N. rad. (Bernhardt) etc. Die höchsten Grade von Erregbarkeitssteigerung wurden bei manchen Krampfformen, z. B. der Tetanie und der Chorea, beobachtet.

Bei der Tetanie hat zuerst Erb in exacter Weise die hochgradige Erregbarkeitssteigerung zahlreicher Muskeln und Nerven — mit Ausnahme des Facialis — nachgewiesen. Später wurde auch in diesem Nerven neben hochgradiger mechanischer, auch Steigerung der elektr. zumal der galv. Erregbarkeit beobachtet und fanden auch die übrigen Angaben Erb's allseitige Bestätigung (Chvostek, Onimus, Eisenlohr, E. Remak, R. Schulz, N. Weiss, Fr. Schultze u. A.). Ich fand in einem exquisiten Falle von Tetanie so hochgradige Erregbarkeitssteigerung, dass z. B. an den meisten Armnerven, ja selbst beim Facialis schon bei Stromstärken von 0·02 M A deutliche und starke K S Z auftraten, (Reizelektrode = 3 cm^2); bei 1·2 M A war schon

K S Te und bei 3·0 M A sogar schon A Ö Te (sogenannter Ritter'scher Tetanus der Physiologen, am lebenden Menschen zuerst von Chvostek ebenfalls im Verlaufe der Tetanie beobachtet) deutlich nachweisbar. Mit meinem Normal-Inductionsapparate (66 *mm* lange Secundärrolle mit 5000 Drahtwindungen) konnte ich bei einem R A von 120—125 *mm* (wobei der Zwischenraum zwischen den beiden, voneinander gänzlich entfernten Rollen 55 *mm* betrug) an den kleinen Beugemuskeln des Daumens noch deutliche Minimalzuckungen nachweisen. Bei Chorea wurde ebenfalls, zumal bei Hemichorea auf der afficirten Körperhälfte hochgradige Steigerung der elektr. Erregbarkeit beobachtet (M. Rosenthal, M. Meyer, Gowers, v. Ziemssen).

Zur Illustration des oben Auseinandergesetzten seien hier einige Angaben über Stromwerte bei erhöhter elektr. Nerven- und Muskelerregbarkeit aus der Arbeit Stintzing's (Über elektrodiagnostische Grenzwerte) citirt. Die Angaben für die far. E. sind in *mm* des R A und die Angaben für galv. Erregbarkeit in M A zu verstehen; r bedeutet rechts, l links. *a)* Myelit. cerv. acuta mit Lähmung der rechten Oberextremität: N. median., far. E. r 125, l 132; K S Z r 0·3, l 1·2; A S Z r 0·4, l 2·0. Musc. flex. dig. comm. subl., far. E. r 125, l 122; K S Z r 0·15, l 0·3; A S Z r 0·2, l 0·5 (Reizelektrode = 12 cm^2 Oberfl.). *b)* Myelit. dors. subacuta: N. cruralis, far. E. 115; K S Z 0·47 (Reizelektrode = 20 cm^2 Oberfl.); far. E. hier normal, galv. gesteigert. *c)* Tabes dors., N. cruralis: r far. E. 118, K S Z 0·65, A S Z 1·8; r Steigerung der galv. E., während die farad. E. normal ist. (Reizelektrode = 20 cm^2 Oberfl.). *d)* Progr. Muskelatrophie N. accessor.: far. E. 140; K S Z 0·04. M. deltoid, far. E. r 122, l 130, K S Z r 0·25, l 0·05; A S Z r 0·6, l 0·6. N. musculo-cutan., far. E. r 145, l 137; K S Z r 0·02, l 0·03; A S Z r 0·05, l 0·05; A Ö Z r 3·5, l 3·0; K S Te r 0·03; A S Te r 1·18 (nirgends Ea R).

Zu den Erscheinungen gesteigerter elektr. Erregbarkeit sind noch einige in der Literatur beschriebene Reactionsarten zu zählen, als: Brenner's II. und III. Erregbarkeitssteigerung, Benedikt's convulsible Erregbarkeit, Väter's Palmospasmus; sodann Reflexerscheinungen, wie: Remak's galvanotonische Contractionen, Remak's diplegische Contractionen und M. Meyer's klonische Reflexkrämpfe.

Benedikt's convulsible Reaction besteht darin, dass schon eine kurze Einwirkung mäßig starker Ströme intensive, übernormale, auch auf entferntere Muskelgebiete übergreifende Zuckungen hervorruft. Diese Reactionsform kommt bei Psychosen, Chorea, Tetanie, bei multipler Hirn- und Rückenmarkssklerose (Pierson) im Anfangsstadium der Hirntumoren (Pierson, Petřina) etc. vor. Übrigens wurde diese Reactionsform gerade so wie die (pag. 246 besprochene) Brenner'sche II. und III. Erregbarkeitssteigerung seit Benützung absoluter Galvanometer noch nicht nachgewiesen, so dass es bis auf weiteres unentschieden bleiben muss, ob nicht Änderungen des L W dabei eine Rolle spielen (Erb, E. Remak, M. Meyer etc.). Väter's Palmospasmus (d. h. Schüttelkrampf) wurde auch seither nicht wieder beobachtet. In einem Falle von progr Muskelatrophie trat dieser Schüttelkrampf bei elektr. Untersuchung der Nerven und Muskeln der Oberextremitäten (während eines Zeitraumes von 5 Wochen) bei Öffnung des farad. Str., sowie bei K Ö und A Ö eines galv. Str. am N. rad., uln. und med. sehr markant auf; die stärksten Schwankungen der Hand dauerten $2^1/_2$ Min., dann folgten noch durch 1 Min. fibrilläre Muskelzuckungen und konnte Väter beim Erfassen der zur Ruhe gelangten Extremität noch länger als $^1/_2$ Min. deutliche wurmförmige Bewegungen unter der Haut, selbst in den fast geschwundenen M. interosseis fühlen. Der far. Psp. übertraf den galvanischen und nahmen beide mit der Besserung des Leidens an Intensität ab, bis zuletzt nur mehr bei Galvanofaradisation Spuren dieser Reaction sichtbar waren, die schließlich auch verschwanden. Benedikt gab schon früher (pag. 87 seiner Nervenpath.) an, dass mitunter bei Schließungen und Öffnungen der Kette statt einfacher Zuckungen klonische und tonische Krämpfe auftreten. R. Remak's diplegische Contractionen bestehen darin, dass, wenn eine kleine knopfförmige Anode in die Fossa mastoid. oder die benachbarte Nackengegend aufgesetzt wird, während zugleich eine plattenförmige, großflächige Kathode auf der entgegengesetzten Seite der Wirbelsäule zwischen den Schulterblättern oder selbst noch tiefer gelagert wird, in dem der Anodenseite entgegengesetzten Arme, selbst bei stabiler Polapplication mehr oder weniger lebhafte Bewegungen auftreten. R. Remak nannte diese Contractionen diplegisch, weil sie von zwei, voneinander entfernten Punkten zugleich ausgelöst werden. Er sah sie als Reizerfolge des Gangl. cerv. supr. Symp. an und versprach sich Heilerfolge bei Behandlung mittels dieser Zuckungen. Dipl. Contr. wurden bisher bei differenten Leiden beobachtet, ohne übrigens für eines derselben

charakteristisch zu sein, so z. B.: bei progr. Muskelatrophie (R. Remak, Benedikt, Langer), bei Arthritis nodosa (R. Remak), bei aploplekt. Lähmungen (Fieber, Eulenburg), bei spinalen und rheumatischen Paresen (Fieber), bei Parese der Armnerven infolge Neuritis und bei vasomotorischen Extremitätenlähmungen (Drissen), bei Bleilähmung (Fieber, Langer, Erb, Eulenburg), bei chron. Arsenvergiftung (M. Meyer), bei progr. Bulbärparalyse (Eisenlohr), bei atroph. Armlähmungen und fast allen Neurosen (Benedikt) etc. Nach Eulenburg sind diese dipleg. Contractionen nur als Symptom gesteigerter Reflexerregbarkeit des Rückenmarks aufzufassen. R. Remak's galvanoton. Reactionen treten bei Durchleitung eines starken schmerzhaften Stromes durch eine kleinere oder größere Partie eines Nervenstammes auf und beschränken sich nur auf das Gebiet der vom Strome durchflossenen Nervenpartie oder erscheinen auch im Bereiche der antagon. Nerven. Diese Reflexzuckungen kommen unter Umständen auch bei Gesunden vor, sind daher nicht pathognomonisch. M. Meyer fand klonische Reflexkrämpfe bei Galvanisation gewisser schmerzhafter Druckpunkte, im Verlaufe traumatischer Neuritis des Peroneus.

b) **Herabsetzung** der Erregbarkeit der motor. Nerven und Muskeln für beide Stromarten kommt viel häufiger vor als die Steigerung derselben. Sie ist charakterisirt durch eine verminderte Anspruchsfähigkeit der Nerven und Muskeln gegen Stromstärken, die unter normalen Verhältnissen bereits entsprechende Reactionen hervorrufen. Schon zur Erzeugung der ersten K S Z sind intensivere Ströme nöthig, die einzelnen Phasen des Zuckungsgesetzes stehen weit voneinander ab; Te und Ö Z bleiben zunächst aus, endlich auch die übrigen Zuckungen in umgekehrter Reihenfolge ihres normalen Auftretens, bis in den höchsten Graden der Herabsetzung nur mehr bei Verwendung der stärksten Ströme und V A noch eine eben merkliche K S Z auftritt. Bleibt auch diese aus, so ist die Erregbarkeit vollkommen erloschen oder aufgehoben. In der Regel geht die Abnahme der Nerven- und Muskelerregbarkeit einander parallel.

Rein quantitative Herabsetzung der normalen elektr. Reactionen kommt zumeist bei reinen Nerven- und Muskelatrophien ohne degenerative Vorgänge (aber auch sonst) vor; speciell deutet einfache Herabsetzung der Nervenerregbarkeit darauf hin, dass trotz veränderter Structur und Functionsfähigkeit in denselben doch noch keine complete Entartung platzgegriffen hat. Abnahme oder Verlust der faradomusculären Contractilität bedeutet, dass die intramusculären Nerven verändert oder zerstört sind; Abnahme oder Verlust der galvanomusculären Erregbarkeit deutet auf Änderungen in der Muskelsubstanz selbst und kommt fast nie ohne qualitative Veränderungen vor.

Dementsprechend wurde qantitative Erregbarkeitsverminderung bei verschiedentlichen Krankheiten beobachtet, als: *a)* bei cerebralen Lähmungen, im ganzen selten und nie hochgradig, vorzugsweise bei alten Fällen, und Erkrankungen des Hirnstammes, so z. B. bei Hirntumoren (Tumor pontis mit Facialis-, Trigeminus- und Oculomotorius-Lähmung. Stintzing), bei progr. Bulbärparalyse (E. Remak, Wachsmuth), bei progr. Bulbärkernlähmung mit progr. Muskelatrophie (Stintzing), bei älteren cerebralen Hemiplegien an der gelähmten Seite (Edinger, Mendelssohn, Todd); sodann bei Geisteskrankheiten, so bei Melancholia attonita (Tigges), im Verlaufe der Dementia paralytica (F. Fischer jun.). Vollkommene Aufhebung der elektr. Erregbarkeit wurde bei Melancholie nach acutem Gelenksrheumatismus beobachtet (M. Rosenthal, Giraud). *b)* Bei spinalen Lähmungen, als: bei acuter, subacuter und chronischer Myelitis (v. d.

Velden, Erb, Stintzing), bei Poliomyelitis ant. acuta. infant. et chron. adult. (Stintzing), bei progr. Muskelatrophie (Stintzing) und ihrer juvenilen Form, der Dystrophia musc. progr. (Erb, E. Remak), bei spastischer Spinalparalyse (Erb) und der Hemiparaplegia spin. (der Brown-Séquard'schen Halbseitenläsion) an der betreffenden gelähmten Seite (Joffroy, W. Müller, M. Rosenthal, Solmon), bei amyotroph. Lateralsklerose (Berger, Erlitzky, Kahler und Pick, Kojewnikoff, Mierzejewski, Moeli, Seeligmüller, Stadelmann etc.), in vorgeschrittenen Fällen der Tabcs. dors. (Erb, Stintzing), bei Paralysis ascendens acuta (Jaffé-Erb), bei manchen Beschäftigungsneurosen, z. B. Schreiberkrampf (Burckhardt), sowie bei den noch räthselhaften periodischen Extremitätenlähmungen (Hartwig, Westphal). *c)* Bei verschiedenen peripheren Lähmungen (Brenner, Bernhardt und v. Ziemssen), sowie bei multipler Neuritis (Stintzing), bei rheum. Facialislähmungen (Erb) und bei alten Facialislähmungen (Stintzing). *d)* Bei reinen Muskelkrankheiten, so bei einfacher Muskelatrophie (Strümpell) und bei der Pseudohypertrophia musc. (Berger, Eulenburg, Stintzing). *e)* In manchen Fällen traumatischer Lähmungen, so z. B. bei Drucklähmungen des N. rad., bei Blitzlähmungen (Nothnagel), bei ischämischen Lähmungen nach Contentivverbänden (E. Remak) und bei Lähmungen nach Eisenbahnunfällen (Bennett). Auch Erb gelang es, in mehreren gerichtlich anhängigen Fällen durch eine genaue quantitative elektr. Untersuchung, dic fast einzigen positiven Thatsachen zu ermitteln, welche die wirkliche Existenz einer Krankheit bewiesen und den Kranken zu ihrem Rechte verhalfen.[1] *f)* Bei verschiedenen Lähmungen nach acuten Krankheiten, als: nach Typhus (M. Rosenthal), Masern, Scharlach; bei diphtheritischen Lähmungen (Stintzing), sodann bci Muskelatrophien nach Gelenksleiden (Erb, Chvostek, Rumpf). *g)* Bei Lähmungen nach Vergiftungen, so bei Arseniklähmungen (Da Costa, Gerhardt, Seeligmüller), bei (den neuerdings als multiple Neuritis öfters aufgefassten) alkoholischen Paralysen (R. Schulz), bei Kohlendunstasphyxien, u. zw. Herabsetzung der Erregbarkeit des N. phren. und Plex. brach. zunächst für den farad., sodann auch für den galv. Str. bis zum völligen Erregbarkeitsverluste (Emminghaus) und bei Chloroformasphyxie (Friedberg).

Nach dem Tode sinkt die elektr. Nerven- und Muskelerregbarkeit in centrifugaler Richtung allmählich innerhalb $1^1/_2$—6 Stunden und hört nach dieser Zeit gänzlich auf. Aufhebung der elektr. Erregbarkeit kann somit zur Differentialdiagnose zwischen Scheintod und wahrem Tod (Elektrobioskopie) dienen (M. Rosenthal, Onimus).

Zur Illustration des Angeführten seien einige Angaben über absolute Stromwerte bei herabgesetzter Erregbarkeit aus der mehrfach erwähnten Arbeit Stintzing's („Über elektrodiagnostische Grenzwerte") citirt: *a)* Tumor pontis mit linksseitiger Facialislähmung: N. facial., far. E. r 108, l 102; KSZ r 1·0, l 3·5; ASZ r 2·8, l 6·5. *b)* Progr. Bulbärkernlähmung mit progr. Muskelatrophie: N. facial., far. E. r 108, l 102; KSZ r 3·2, l 2·8; ASZ r 4·7, l 4·9. N. crural., far. E. r 70, l 90; KSZ r 3·3, l 4·3. *c)* Progr. Bulbärlähmung mit progr. Muskelatropbie: N. frontalis, far. E. r 115, l 117; KSZ r 2·5, l 3·0. N. accessor., far. E. r 132, l 142; KSZ r 1·5, l 1·2. *d)* Tabes dors. N. peron., far. E. r 115, l 105; KSZ r 2·6, l 2·5; ASZ r 3·0, l 5·5. *e)* Spondylitis cervicalis: N. accessor., far. E.

---

[1] Erb, Elektrotberapie, II. Aufl., pag. 187.

r und l 111; KSZ r 3·7, l 3·1; ASZ r 4·8, l 5·4; AÖZ r 26·0, l 24·0. *f*) Poliom. ant. acuta infant.: N. crural., M. rect., N. peron., far. 80—50 RA und galv. 8—11 MA noch keine Zuckung (erloschene Reaction). *g*) Poliom. ant. acuta infant.: M. vast. int., far. E. r 0, l 75; KSZ r 6·5, l 3·5; ASZ r 16·5, l 8·5. N. peron., far. E. r 90, l 85; KSZ r 2·7, l 2·6; ASZ r 5·1, l 5·0 (nirgends EaR, diese bildet also im späteren Verlaufe der Krankheit nicht die Regel). *h*) Poliom. ant. chron. adult.: N. musculocutaneus, far. E. r 115, l 120; KSZ r 0·8, l 1·2. N. uln., far. E. r 97, l 86; KSZ r 2·5, l 3·0. *i*) Myelit. dors. subacuta: N. crural., far. E. r 90, l 97; KSZ r 6·0, l 7·0; ASZ r u. l 8·0; AÖZ r u. l 15·0. M. rect. cruris, far. E. r u. l 0; KSZ r 16·0, l 22·0; ASZ r 30·0, l 22·0. M. vast. int., far. E. r u. l 0; KSZ r 28·0, l 20·0; ASZ r 30·0, l 20·0; AÖZ r u. l 30·0. *k*) Progr. Muskelatrophie, N. thoracic. lat., M. serrat. ant. maj.: bei den stärksten Strömen (farad. 0, galv. 15·0) noch keine Zuckung (Unerregbarkeit). M. cucullar. (mit einer Elektrode von 20 cm^2 untersucht, alle übrigen Untersuchungen dagegen mit einer von 3 cm^2 Oberfl. vorgenommen), far. E r 70, l 65; KSZ r 11·0, l 7·0; ASZ r 12·0, l 9·0. *l*) Pseudohypertrophia musc.: R. frontal., far. E. r 122, l 115; KSZ r 2·3, l 2·8. N. accessor., far. E r 116, l 115; KSZ r 2·0, l 1·7 (mittelstarke Herabsetzung). *m*) Pseudohypertrophia musc.: KSZ M. deltoid., r u. l 9·3; M. pect. maj., r 8·5; N. crural., r u. l 9·3; M. gastrocnemius, r 7·7, l 8·5. *n*) Multiple Neuritis: N. median., far. E. r u. l 0; KSZ r 5·3, l 5·7. M. rectus, far. E. r u. l 0; KSZ r 16·0, l 19·0; ASZ r 15·0, l 19·0. *o*) Alte linksseitige Facialislähmung (Heilung nach completer EaR): N facial., l far. E. 70, KSZ 8·5, ASZ 12·0. R. frontalis, l far. E. 112, KSZ 2·8, ASZ 5·1. R. mentalis, far. E. 102, KSZ 2·2, ASZ 5·2. R. zygom., far. E. 103, KSZ 4·8.

Zu den Erscheinungen herabgesetzter Erregbarkeit ist noch Benedikt's Lückenreaction zu zählen. Sie besteht darin, dass bereits aufgetretene Reactionen, z. B. AÖZ, die bei einer bestimmten Stromstärke erschien, bei Wiederholung der AÖ ausbleibt, um erst bei gesteigerter Stromstärke wieder aufzutreten. E. Remak und Erb nannten sie Reaction der Erschöpfbarkeit, Pierson kurzweg Erschöpfungsreaction. Sie wurde beobachtet: bei Lähmungen infolge Erkrankung der Hirnhemisphären und progr. Muskelatrophie (Benedikt), bei apoplekt. Hemiplegie (Brenner), bei Paralysis agitans (Erb), bei wahrer Muskelhypertrophie (Auerbach, Benedikt, O. Berger), bei Poliom. ant. (Salomon), bei Hirntumoren (Pierson), bei pseudohypertrophischer Spinallähmung (Bennett) etc.

Gewöhnlich geht die galv. und farad. Erregbarkeit der Nerven und Muskeln einander parallel; doch wurden auch einzelne bisher noch nicht völlig aufgeklärte Ausnahmen beobachtet, so z. B. herabgesetzte faradomusculäre und erhöhte galvanomusculäre Erregbarkeit bei Hypnose und Katalepsie (L. Langer), bei Klavier- und Violinspielerkrampf (Wilheim); erhöhte galv. und herabgesetzte farad. Nerven- und Muskelerregbarkeit, bei peripherer Ulnarlähmung (Bernhardt), bei chron. Chorea (Bennett). Verschiedenes Verhalten der Nerven und Muskeln gegen den farad. und galv. Str. wurde noch beobachtet von Bennett, Bernhardt, Burckhardt, Cyon, Erb, Ferber, Karmin, Leegaard, Petřina, Wilheim etc. und von einigen (z. B. Bennett und Ferber) sogar für gewisse patholog. Processe, als pathognomonisch hingestellt. Indessen sind viele dieser Beobachtungen noch ohne Benützung verlässlicher absoluter Galvanometer gewonnen, bei einigen der Verdacht auf EaR nicht ganz von der Hand zu weisen, aus welchem Grunde erst eine gehäufte Erfahrung über diese Verhältnisse aufklären dürfte.

B. Qualitativ-quantitative Veränderungen der normalen elektrischen Erregbarkeit der motorischen Nerven und Muskeln.

Entartungsreaction. Die Entartungsreaction (EaR) ist durch eine Summe quantitativ-qualitativer Veränderungen der galv. und farad. Muskel- und Nervenerregbarkeit charakterisirt, die nach den Untersuchungen von Erb, v. Ziemssen und Weiss mit ganz bestimmten histologischen Alterationen in den Nerven und Muskeln (degenerativer Atrophie) im engsten Zusammenhange stehen. Sie kömmt stets bei

neurotischen Processen vor, die durch eine partielle oder totale Unterbrechung in der peripheren, motor. Nervenleitung oder durch eine Störung in den trophischen Centren der Nerven und Muskeln (in den grauen Vordersäulen des Rückenmarkes und in der Med. oblong.) bedingt sind. Während bei den rein quantitativen Erregbarkeitsveränderungen in der Regel die galv. und farad. Muskel- und Nervenerregbarkeit einander parallel verlaufen, differirt bei der Ea R das elektr. Verhalten der Nerven ganz erheblich von dem der Muskeln. Hat eine der angedeuteten Nervenläsionen, z. B. eine Durchtrennung, Quetschung oder Dehnung eines peripheren motor. Nerven stattgefunden, so tritt

a) am Nerven nach vorübergehender geringer (und oft übersehener) Steigerung der galv. und farad. Erregbarkeit des peripheren Nervenabschnittes zunächst eine Herabsetzung und je nach der Intensität des Processes (Ende der 1. oder zu Beginn der 2. Woche) jedenfalls längstens am 12. (bei Nervendurchschneidung jedoch, den Untersuchungen von Gortinsky und Leegaard zufolge schon am 4.) Tage nach der Läsion ein vollständiger Verlust der galv. und farad. Nervenerregbarkeit ein. Der Ablauf dieser Erregbarkeitsveränderung geht wie bei den quantitativen Erregbarkeitsalterationen ganz ohne jede qualitative Anomalie (für beide Stromarten ganz gleichmäßig) vor sich, indem die einzelnen Phasen des Zuckungsgesetzes in der umgekehrten Reihenfolge ihres normalen Auftretens nach und nach ausbleiben, bis zuletzt nur noch mittels V A eine ganz schwache K S Z hervorgerufen werden kann. Endlich erlischt auch diese vollständig und persistirt dieser Erregbarkeitsverlust der Nerven in schweren Fällen bis zur completen Heilung oder es bleibt die Nervenerregbarkeit in unheilbaren Fällen für immer verloren. Wie lange der complete Erregbarkeitsverlust der Nerven dauert, hängt von der Intensität der Läsion ab und schwankt zwischen mehreren Wochen bis zu vielen Monaten. In heilbaren Fällen kehrt immer die willkürliche Erregbarkeit früher als die elektrische zurück und tritt bei der Wiederherstellung der letzten zuweilen die galv. Nervenerregbarkeit vor der farad. auf (v. Ziemssen, Weiss, Leegaard, F. Müller).

Diesen Erregbarkeitsveränderungen im Nerven parallel geht eine Reihe chemisch-histolog. Veränderungen seines Gewebes. Von Anfang der 1. Woche nach dem Trauma verfällt der Nerv einer allmähligen centrifugal bis zu den motor. Endplatten fortschreitenden Degeneration. Schon am 2. bis 4. Tage nach der Verletzung tritt (nach Erb) Gerinnung und Zerfall der Markscheide unter Bildung von Körnchenhaufen und Körnchenzellen ein, dem bald früher, bald später die Erweichung, Zerklüftung und Auflösung des Achsencylinders neben gleichzeitiger starker Kernvermehrung in der Schwan'schen Scheide folgt. Nach Resorption eines Theiles dieser Zerfallproducte bleibt die Schwan'sche Scheide nur als homogene protoplasmatische Masse zurück, womit der ursprüngliche, histologische Charakter der Nervenfaser vollständig verloren gegangen ist. Hieran schließen sich noch Veränderungen im Neurilemm. Außer der Neuritis an der Läsionsstelle tritt bald Vermehrung der Körner der Schwan'schen Scheide und ihrer Umgebung, sowie Umwandlung derselben, zunächst in spindelförmige Zellen, hernach in Bindegewebsfasern ein, welche sich allenthalben zwischen die Nervenfaserbündelchen drängen und zu einer completen Cirrhose des

von der Läsionsstelle peripher gelegenen Nervenabschnittes führen. In heilbaren Fällen beginnt die Regeneration fast gleichzeitig am centralen und peripherischen Theile des entarteten Nerven. Zuerst soll sich (nach Gessler) die motor. Endplatte retabliren, aber der eigentliche Heilungsprocess kann doch erst nach Vereinigung der unterbrochenen Leitung durch centrifugale trophische Einflüsse eingeleitet und zu Ende geführt werden.

Die frühere Wiederkehr der willkürlichen Erregbarkeit vor der Wiederherstellung der elektrischen hängt mit dem verschiedenen Verhalten der Nerven in Bezug auf deren Aufnahms- und Fortleitungsfähigkeit für den elekr. Reiz zusammen (Erb). In Fällen, wo die willkürliche Erregbarkeit bereits zurückgekehrt ist, der Nerv aber unterhalb der Läsionsstelle sich noch als vollkommen elektr. unerregbar erweist, gelings es, falls sich der elektr. Reiz noch oberhalb der Läsionsstelle appliciren lässt, auch den unterhalb derselben verlaufenden direct unerregbaren Nervenabschnitt elektrisch zu erregen; die Leitungsfähigkeit für den elektr. Reiz kehrt demnach mit der Leitungsfähigkeit für den Willensreiz wieder, nur fehlt noch unterhalb der Läsionsstelle die Aufnahmsfähigkeit für den ersteren. Zur Erklärung dieser Verhältnisse stellte Erb eine allerdings mehrseitig (so z. B. von Hermann und Vulpian) angefochtene (aber bisher noch durch keine bessere ersetzte) Hypothese auf, wonach der Axencylinder den willkürlichen, sowie den elektr. Reiz fortleite, hingegen die Aufnahmsfähigkeit für den letzteren an die Existenz der Markscheide geknüpft sei, aus welchem Grunde zu einer Zeit, wo nur erst der Axencylinder regenerirt ist, wohl der willkürliche, sowie der oberhalb der Läsionsstelle applicirte elektr. Reiz fortgeleitet werden kann, die Wiederkehr der elektr. Erregbarkeit des unterhalb der Läsionsstelle gelegenen Nervenabschnittes aber erst später, wenn auch die Markscheiden bereits regenerirt sind, stattfindet. Zu erwähnen ist, dass indes selbst nach Wiederherstellung der elektr. Nervenerregbarkeit diese noch lange Zeit der gesunden Körperhälfte gegenüber als einfach quantitativ herabgesetzt verbleibt und eine vollständige Rückkehr zum Normalen in halbwegs schweren Fällen wohl erst nach Jahren zu erwarten steht.

b) Am Muskel lässt sich unmittelbar nach der Läsion etwa vom 2. Tage angefangen, ebenfalls ein Absinken seiner directen galv. und farad. Erregbarkeit nachweisen. Besonders rasch nimmt die farad. Muskelerregbarkeit ab und geht Ende der 1. oder Anfang der 2. Woche mit der Nervenerregbarkeit total unter; die galv. Muskelerregbarkeit dagegen sinkt gleich vom Anfang an nicht so beträchtlich und schlägt gegen Ende der ersten Woche in gesteigerte galvano-musculäre Erregbarkeit über. Diese Steigerung (quantitative Ea R) nimmt rasch zu und erreicht schon Ende der 2. Woche eine solche Höhe, dass die einzelnen Phasen des Zuckungsgesetzes schon bei $^1/_{20}$ der für die normale Körperhälfte erforderlichen Stromwerte auftreten (E. Remak); gleichzeitig mit den histolog. Veränderungen in der Muskelsubstanz treten indessen noch in zwei anderen Richtungen Abweichungen vom normalen Zuckungsmodus auf. Erstlich ändert sich die Aufeinanderfolge der Zuckungsphasen, indem allgemach die A S Z = K S Z oder indem hier die A S Z > K S Z wird. Bald wird auch die K Ö Z = A Ö Z oder es überwiegt gar die erstere die zweite (K Ö Z > A Ö Z). Gleichzeitig mit diesen Anomalien ändert sich der Modus der Zuckungen; diese verlieren nämlich ihren blitzähnlichen Charakter und werden langgezogen, tetanisch, wurmförmig (qualitative Ea R). Diese patholog. Zuckungen nehmen zu, je größere Muskelmassen in das Erregungsbereich fallen und nicht, wie auf der gesunden Seite, je näher man mit der differenten Elektrode dem motor. Punkte kommt. Wendet sich der Process bis längstens Ende der 9. Woche nicht zum Besseren, so beginnt die galvanomusculäre Erregbarkeit unter fortschreitender Muskel-

degeneration allmählich bis tief unter die Norm zu sinken. Zunächst fallen die A Ö Z und die K Ö Z aus; die A S Z überwiegt noch die K S Z, endlich tritt auch letztere nicht mehr auf und in unheilbaren Fällen ist selbst noch nach Jahren unter Anwendung der stärksten Ströme und V A nur mehr eine äußerst schwache, träge, langgezogene, wurmförmig ablaufende A S Z zu erzielen.

Die mit diesen Erscheinungen parallel verlaufenden histolog. und chem. Veränderungen des Muskelgewebes beginnen (nach Erb) schon von der 2. Woche an mit einer deutlich wahrnehmbaren Verschmälerung der Muskelfasern, die in den nun folgenden nächsten Wochen rasch zunimmt und in unheilbaren Fällen bis zum vollständigen Verlust und Schwund der Muskelfasern führen kann. Bei erheblicher Vermehrung der Muskelkerne und chem. Veränderung der Muskelsubstanz (Neigung zum Auftreten der wachsartigen Degeneration) bleibt die Querstreifung der Muskeln (wenn auch undeutlich) erhalten und tritt nur ausnahmsweise fettige Degeneration ein, wogegen es aber durch rasch fortschreitende Wucherung des interstitiellen Bindegewebes zu einer fast vollständigen Cirrhose des Muskels kommen kann, dessen atrophische Fasern dann allseitig von mächtigen Bindegewebszügen umgeben sind, die wohl auch nachträglich der Sitz einer Fettablagerung werden können.

In heilbaren Fällen geht (aber immer erst nach wiederhergestellter normaler Nervenerregbarkeit) parallel mit der allmählichen Rückkehr der histolog. Elemente des Muskels zur Norm (nämlich der Verbreiterung der Muskelfasern und dem Schwund und der Resorption des massig zwischen denselben eingelagerten Bindegewebes hauptsächlich infolge centrifugaler trophischer Einflüsse) auch die Wiederherstellung der Zuckungsformel und des Zuckungsmodus Hand in Hand. In dem Maße, als die K S Z die Oberhand über die A S Z gewinnt, schwindet auch der wurmartige Verlauf der Muskelcontractionen und ist nach bereits vollkommen wiederhergestellter Nervenerregbarkeit nur mehr quantitative Herabsetzung der Muskelerregbarkeit nachweisbar, die sich aber (wegen der Bindegewebswucherung, die nur allmählich und in schweren Fällen meistens nicht mehr vollständig schwindet und die Wiederkehr der Muskelelemente zur normalen Function für immer behindert) noch lange Zeit erhält. Die faradomusculäre Contractilität tritt mitunter früher für den magnet-elektrischen als für den volta-elektrischen Inductionsstrom auf.

Dass die Muskeln bei directer Reizung auf den galv. und nicht auf den farad. Str. reagiren, hat seinen Grund darin, dass erkrankte Muskeln überhaupt unfähig sind, auf kurzdauernde elektr. Reizungen zu reagiren (cfr. pag. 237). Unterbricht man den galv. Str. entsprechend den Intermissionen des faradischen, so reagirt der Muskel auch auf diese kurzdauernden galvanischen Ströme nicht mehr (Neumann). Beobachtungen die diesem Verhalten der Muskeln beiden Stromarten gegenüber entsprechen, sollen (nach Onimus) zum Theile schon zu Ende des vorigen Jahrhunderts (von Hallé) gemacht worden sein; Andeutungen hierüber finden sich bei R. Remak; neuentdeckt und beschrieben wurde diese Reactionsanomalie aber erst von Baierlacher. Seither wurde dieses Phänomen von vielen Autoren beobachtet und als Theilerscheinung des Ablaufes degenerativer Atrophie an Nerven und Muskeln gleichzeitig von Erb und v. Ziemssen und Weiss experimentell erwiesen, von Erb sodann auch die entsprechenden histolog. Veränderungen, die diesen Reactionen parallel laufen, erforscht und der Zusammenhang zwischen diesen anatomischen Veränderungen und den Alterationen der elektr. Erregbarkeit dargelegt.

Was die zweite Gruppe galvanomusculärer Reactionsanomalien im Verlaufe der Ea R anbelangt, nämlich die Verschiebung der einzelnen Phasen des

Zuckungsgesetzes (A S Z > K S Z und K Ö Z > A Ö Z) so gibt es Fälle, in denen diese Erscheinungen fehlen, und scheint daher diese Phasenänderung des Zuckungsgesetzes auf Grund sowohl klinischer, wie experimenteller Thatsachen nicht ein allezeit constantes integrirendes Glied der Ea R zu sein, sondern in einigen Ausnahmsfällen zu fehlen (Leegaard, Bastelberger), obgleich es andererseits ganz sicher in der weitaus größten Mehrzahl der Fälle vorkommt. Was dagegen das dritte Glied in der Reihe der Veränderungen der directen galvanomusculären Erregbarkeit im Verlaufe der degenerativen Atrophie betrifft, nämlich die Zuckungsträgheit, so fehlt dieselbe nie und kann als Cardinalsymptom der Ea R aufgefasst werden. Zu erwähnen wäre noch in kürze, dass die Erscheinungen der quantitativen und qualitativen Ea R auf Degeneration der motor. Endplatte bezogen wurden (Freusberg); durch experimentelle Untersuchungen jedoch (Gessler) wurde dargethan, dass die Erhöhung der galvanomusculären Erregbarkeit noch vor Zerstörung der motor. Endplatte eintrete und dass bei Kaltblütlern es trotz Zerstörung derselben doch nicht zur Ea R komme, somit ist die Ea R ein sicheres Zeichen der, infolge der Unterbrechung des Einflusses des troph. Centrums im Muskel ablaufenden degenerativen Atrophie; es geht auch die secundäre Abnahme der directen galvanomusculären Erregbarkeit vollkommen parallel dem Schwunde der Muskelfasern und der sich entwickelnden Muskelcirrhose und sind auch die übrigen Veränderungen auf histolog. und chemische Alterationen im degenerirenden Muskel zu beziehen.

Zur Illustration des Auseinandergesetzten sei hier ein entsprechender schwerer Fall einer (rheumatisch-traumatischen?) Facialparese eigener Beobachtung in kürze referirt. Nach einer Eisenbahnfahrt während einer ziemlich frischen Herbstnacht (3. Oct. 1883), die Patient am offenen Coupéfenster mit der erkrankten Gesichtshälfte auf der Fensterverkleidung ruhend (Druck?) und zumeist schlafend zugebracht hatte, trat (neben anderen rheumatoiden Erscheinungen) im Verlaufe der nächsten Tage rechtsseitige Facialislähmung ein. Ich sah den Kranken eine Woche später und fand die far. Erregbarkeit der Antlitznerven und -Muskeln der erkrankten Seite gegen die gesunde bedeutend herabgesetzt. Facialisstamm: Far. E. (mit dem Normalinductionsapparat und einer Elektrode von 3·5 cm^2 geprüft) l 79, r 48; K S Z l 0·9, r 3·0; A S Z l 1·2, r 5·0; A Ö Z l 1·5, r 5·8. M. frontalis direct gereizt: Far. E. l 70, r 32; K S Z l 1·9, r 1·8 (Zuckungen blitzähnlich). Am 13. Oct. war r die farad. Nerven- und Muskelerregbarkeit erloschen, desgleichen die galv. Nervenerregbarkeit, während die galv. Muskelerregbarkeit sich leicht erhöht zeigte; M frontalis: K S Z, l 1·9, r 1·4 Am 20. Oct. traten an dem Schließmuskel des rechten Auges, an den rechtsseitigen Lippenmuskeln am rechten Frontalis etc. bei directer galvanomusculärer Reizung langgezogene Zuckungen auf und näherte sich allmählich die A S Z der K S Z; M. frontalis: K S Z l 1·8, r 0·8; A S Z l 2·3, r 0·9; A Ö Z l 2·8, r 1·0. Am 23. Oct. war die A S Z bereits intensiver und früher auftretend als die K S Z; M. frontalis: K S Z l 1·08, r 0·3; A S Z l 2·3, r 0·1; Zuckungen langgezogen, wurmartig. Am 31. Oct. hatte die galvanomusculäre Erregbarkeitserhöhung ihren Höhepunkt erreicht; M. orbic. oculi: K S Z l 1·6, r 0·09; A S Z l 1·9, r 0·08. M. frontalis: A S Z r 0·09, desgleichen an anderen Antlitzmuskeln: K S Z 0·1, K Ö Z 0·5, A Ö Z 0·7. Unvermögen das rechte Auge vollkommen zu schließen, Unvermögen zu pfeifen, sonst die Symptome hochgradiger peripherer, rechtsseitiger Facialislähmung. Diese enorme Steigerung der galvanomusculären Erregbarkeit auf der erkrankten Gesichtshälfte dauerte circa 8—10 Tage; nach dieser Zeit ließ sie allmählich nach und am 28. Nov. war am M. frontalis: K S Z l 1·9, r 0·8; A S Z l 2·3, r 0·6. Am 6. Febr. 1884 war am M. orbic. oculi: K S Z l 1·7, r 1·6; A S Z l 1·9, r 1·4; A Ö Z l 2·1, r selbst bei 15·0 noch nicht auftretend. Die Ö Z rechterseits blieben fortan bis zum Eintritt des Heilungsprocesses aus; die S Z erforderten immer größere und größere Stromwerte, waren am 1. März bereits unternormal, der Zuckungsverlauf träge, langgezogen. Die Gesichtsmuskeln der rechten Seite, zumal die Lippenmuskeln waren zu dieser Zeit viel dünner als auf der linken. Hier wurde die Behandlung unterbrochen, um am 19. April wieder aufgenommen zu werden. Zu dieser Zeit war am M. frontalis: K S Z l 1·9, r 3·2; A S Z l 2·3, r 3·0; Ö Z rechts noch nicht zu erzielen. Am 8. Mai nahm Patient beim Aufstehen des Morgens wahr, dass er das rechte Auge zum Theile schließen könne; einige Tage später vermochte er auch die rechtsseitigen dünnen Lippen theilweise willkürlich zu bewegen. Die galv. Nervenerregbarkeit, sowie die farad. Nerven- und Muskelerregbarkeit war noch nicht zurückgekehrt, die Muskelzuckung bei directer galv. Reizung noch immer langgezogen, A S Z noch immer > K S Z, Ö Z noch nicht vorhanden. Auch war noch ein weiteres Sinken der galvanomusculären Contractilität unter die Norm zu constatiren. Am 5. Juni konnte vom Facialisstamme aus bei ganz übereinander geschobenen Rollen des Inductionsapparates bereits ganz schwache Zuckungen im M. frontalis, mentalis,

zygom. maj. und min. sowie den Augen- und Lippenmuskeln beobachtet werden; Ram. front. N. facialis: Minimalzuckung l bei 70, r bei 0 *mm* RA. Auch die galv. E zeigte sich bereits spurenweise: KSZ l 1·8, r 3·7; ASZ l 2·4, r 6·3. Am 12. Juni trat bei galvanomusculärer Reizung der rechten Oberlippe zuerst wieder AÖZ ein, u. z. bei 10·6 MA. Am 24. Juni konnte ebendaselbst die erste, schwache KÖZ bei 11·8 MA beobachtet werden, also bereits AÖZ > KÖZ; dabei aber waren die Zuckungen immer langgezogen und tetanisch. Unter fortgesetzter Behandlung konnte Patient am 17. Juli fast sämmtliche Muskeln der rechten Gesichtshälfte willkürlich bewegen, nur entsprachen die Leistungen derselben noch nicht ihren normalen Functionen. Am 31. Juli war am M. frontalis bei directer Reizung: KSZ l 1·8, r 4·4; ASZ l 2·3, r 4·3; AÖZ l 2·8, r 11·0; KÖZ l 4·2, r 12·3; Zuckungen noch wurmförmig. Am 31. Juli konnte zum erstenmale bei ganz übereinander geschobenen Rollen des Inductionsapparates an der rechten Oberlippe eine Minimalzuckung beobachtet werden. Ram. front. N. facial.: Far. E. l 70, r 28; KSZ l 1·8, r 3·2; ASZ l 2·5, r 5·8. M. frontal.: Far. E. l 69, r 0 (d. h. bei ganz übereinander geschobenen Rollen eben noch eine ganz minimale Spur einer Zuckung); KSZ l 1·9, r 4·9; ASZ l 2·3, r 5·0; AÖZ l 2·7, r 12·2; KÖZ l 4·5, r 13·1 (noch immer Zuckungsträgheit). Hier wurde die Behandlung abermals unterbrochen um am 2. September wieder aufgenommen zu werden. Zu dieser Zeit hatte der Kranke seine Herrschaft über alle Muskeln zum größten Theile wieder erlangt und war auch betreff des Ernährungszustandes der Muskeln nur mehr eine geringe Differenz zwischen den beiden Gesichtshälften zu constatiren. Die elektr. Erregbarkeit bot zu dieser Zeit folgendes Bild: Ram. front. N. facial.: Far. E. l 69, r 40; KSZ l 1·9, r 2·9; ASZ l 2·5, r 5·1. M. frontal. bei directer Reizung: Far. E. l 66, r 14; KSZ l 1·8, r 5·2; ASZ l 2·4, r 5·8; AÖZ l 2·7, r 13·6; KÖZ l 5·0, r 15·0; Zuckungen noch leicht tetanisch. Am 4. Oct. (somit ein Jahr seit Beginn der Lähmung) waren die Erregbarkeitsverhältnisse in Bezug auf die für die einzelnen Zuckungen erforderlichen Stromwerte unverändert, dagegen waren die Muskelzuckungen bei directer galv. Reizung zum erstenmal nicht mehr tetanisch wurmförmig, sondern verliefen ebenfalls blitzartig schnell. Von nun an stieg die galv. und farad. Nerven- und Muskelerregbarkeit gleichmäßig an, hatte aber nach weitern 6 Monaten noch nicht die Norm erreicht, sondern war vielmehr rechts noch immer der linken Gesichtshälfte gegenüber eine geringgradig herabgesetzte galv. und farad. Muskel- und Nervenerregbarkeit zu constatiren.

Die vorher gegebene Exposition und der eben geschilderte Verlauf der Erscheinungen, welche zuerst von Erb unter der Bezeichnung der EaR zusammengefasst worden sind, geben das Bild einer schweren, jedoch noch heilbaren Form completer EaR. Dieser gegenüber gibt es sowohl leichtere, wie auch noch schwerere (unheilbare) Formen (completer EaR), deren Symptomenverlauf stets die geringere oder größere Intensität der Läsion anzeigt. In leichtern Fällen kehrt die Motilität schon zwischen der 5. und 6. Woche zurück, in schweren unheilbaren bleibt diese gleich der elektr. Nerven- und Muskelerregbarkeit für immer verloren. Aber immer gehört es zur Charakteristik der completen EaR, dass, wenn auch nur vorübergehend, die galv. und farad. Nervenerregbarkeit, sowie die farad. Muskelerregbarkeit aufgehoben seien und dass bei galv. Muskelreizung Zuckungsträgheit mit wurmartigem Verlaufe auftrete.

Diesen Erscheinungsgruppen gegenüber kommen Fälle vor, bei denen wohl Zuckungsträgheit mit wurmartigem Verlaufe bei directer galvanomusculärer Reizung vorkommt, hingegen aber weder die galvanische, noch faradische Nervenerregbarkeit, ja sogar nicht einmal die farad. Muskelerregbarkeit, auch nicht vorübergehend, erloschen, sondern nur in der verschiedensten Weise vermindert oder auch normal gefunden wird. Derartige Reactionsanomalien wurden zuerst von v. Ziemssen und Weiss am Kaninchen experimentell studirt, sodann von Stintzing durch mäßige Nervendehnung an Warmblütlern erzeugt und später von Erb am lebenden Menschen beobachtet und als

partielle EaR bezeichnet. Die Verminderung der galv. und farad. Nervenerregbarkeit, sowie der farad. Muskelerregbarkeit manifestirt sich hiebei auch eigentlich mehr in der Abnahme des Zuckungsmaximums, denn im spätern Eintreten des Zuckungsminimums. Partielle Ea R ist zumeist ein Zeichen einer nur vorübergehenden Störung, und berechtigt sodann zu einer günstigen Prognose. Indessen gibt es zwischen dem normalen Verhalten, den Erscheinungen reiner quantitativer Erregbarkeitsanomalien, sodann der partiellen und den verschiedenen Stufen der totalen EaR selbstverständlich eine fortlaufende Reihe von Übergängen, und compliciren sich die Verhältnisse in patholog. Fällen oft derart, dass an einem und demselben Individuum die Erscheinungsgruppen in den einzelnen Nervenstämmen und Muskelpartien oft auch in ganz eng umschriebenen Muskelgebieten ganz verschieden auftreten, was zu genauer und gründlicher Untersuchung auffordert. So beobachtete E. Remak Zuckungsträgheit bei directer farad. Muskelreiznng und nannte diese qualitative Zuckungsanomalie farad. EaR (E. Remak, Kast, Vierordt). Nach Kast bildet sie bei den atroph. Lähmungen ein Symptom von guter Vorbedeutung, insofern als sie mit Sicherheit als Zeichen einer nur leichten Läsion des neuromusculären Apparats angesehen werden kann und einen günstigen Ausgang der Lähmungserscheinungen erwarten lässt. Erb sah sogar bei galv. Nervenreizung Zuckungsträgheit am Muskel (also bei indirecter Muskelreizung) und nannte diese Reactionsanomalie: Partielle EaR mit indirecter Zuckungsträgheit. Stintzing beobachtete in einem Falle von Regeneration nach completer Ea R Zuckungsträgheit bei directer galvan. und farad. Muskelreizung und noch vorhandener Unerregbarkeit der Nerven für beide Stromarten; Löwenfeld und Stintzing fanden träge Contraction im Muskel bei Reizung vom Nerven aus nur für AS etc.

Ea R kommt bei einer großen Reihe verschiedenartiger Erkrankungen vor, die aber alle das gemeinsam haben, dass sie entweder auf Erkrankung der troph. Centra für die Nerven und Muskeln namentlich der großen multipolaren Ganglienzellen der grauen Vorderhörner des Rückenmarks, beziehungsweise auf einer Läsion der äquivalenten Partien in der Med. oblong. und Pons, nämlich der grauen Kerne am Boden des 4. Ventrikels beruhen, oder aber, dass sie durch eine Hemmung oder Unterbrechung der Leitung des troph. Einflusses seitens dieser Centra von den Nervenwurzeln angefangen bis zu den intramusculären Nervenendigungen bedingt sind, somit immer Erkrankungen neurotischen Ursprungs oder Amyotrophien darstellen. Nie kommt jedoch Ea R bei rein cerebralen Lähmungen vor, selbst bei Zerstörung der Leitungsbahnen oberhalb der grauen Kerne der Med. oblong., ja selbst nicht einmal bei Lähmungen infolge Läsionen der grauen Hirnrinde. Desgleichen fehlt Ea R bei allen Lähmungen infolge Erkrankung der weißen Rückenmarkstränge (selbstverständlich mit Ausnahme der vordern Wurzelbündel); sie fehlt demnach bei Tab. dors. und Lateralsklerose. Auch wurde Ea R bisher noch nie bei den rein primären (nachgewiesenermaßen rein localen) Muskelerkrankungen beobachtet; sie fehlt somit der Myositis, Trichiniasis und allen Muskelatrophien und Muskelparesen nach Gelenksaffectionen, sowie den rein consumptiven und Inactivitätsatrophien der Muskeln; sie fehlt auch allen primären Muskelatrophien infolge weit fortgeschrittener spinaler Hemiplegien, sowie bei halbseitiger

progressiver Muskelatrophie. Desgleichen kommt sie nie bei hysterischen Lähmungen vor.

Ea R kommt demnach vor: *a)* Bei den angedeuteten cerebralen Lähmungen z. B. bei cerebraler Facialisparese infolge Erkrankung der Facialiskerne im Pons (P. Meyer, Petřina, M. Rosenthal, Wernicke etc.), bei bleibenden Facialparesen (Mittelform der Ea R mit erhaltener farad. Erregbarkeit) bedingt durch chronisch entzündliche Processe an der Schädelbasis (Ganghofner), bei Hirntumoren durch Druck auf die Hirnnerven an der Schädelbasis (Pierson), bei multipler halbseitiger Hirnnervenlähmung (Bamberger), bei amyotrophischen Bulbärparalysen (Erb an Lippen-, Kinn- und Zungenmuskeln, Eisenlohr in den Muskeln der Zunge und den kleinen Handmuskeln, Freund, E. Remak, De Watteville).

b) Bei den besprochenen spinalen Lähmungen, u. z. nicht nur infolge directer Erkrankung der grauen Vordersäulen, sondern auch überall dort, wo dieselben durch anderweitige Störungen erst secundär in das Bereich der Erkrankung gezogen wurden, somit bei: Poliomyelitis ant. infant. acuta in den gelähmten Muskeln (Brenner, Erb, Eisenlohr, M. Rosenthal, E. Remak, Seeligmüller, Salomon etc., bei der chron. Form dieser Erkrankung wurde part. Ea R u. A. von Erb beobachtet), bei der acuten, subacuten und chron. atroph. Spinallähmung Erwachsener (Erb, Bernhardt, Berger, Halla, Hacker, Kahler und Pick, M. Rosenthal, F. Müller, E. Remak, Stintzing etc.), bei der typischen Form der progr. Muskelatrophie, jedoch nur in den degenerirten oder degenerirenden Muskelfibrillen; letztere können noch wilkürlich erregbar sein, zeigen jedoch schon Ea R, was zur Vorsicht bei der elektr. Prüfung mahnt (Erb, Bernhardt, Günther, M. Rosenthal, E. Remak, Strümpell, Vierordt etc.), bei amyotroph. Lateralsklerose (Adamkiewicz, Erb, Eisenlohr, Kahler, Mendelssohn, Pick, E. Remak, Vierordt etc.), bei traumat. Hämatomyelie, sobald die grauen Vordersäulen in das Bereich der Blutung gezogen sind, oder durch secundäre Compression leiden, (Erb, E. Remak) und unter gleichen Verhältnissen bei allen Formen und Stadien der Myelitis (Erb, M. Rosenthal), bei Rückenmarktumoren (Erb und Schultze), sowie bei Rückenmarkstuberculose (Zunker), bei Gliomatose mit Syringomyelie (Oppenheim, E. Remak, F. Schultze) und bei Entbindungslähmungen (Litzmann).

Von den spinalen zu den peripheren Erkrankungen, in deren Verlauf Ea R zu finden ist, übergehend, muss zunächst der Bleilähmung (Bernhardt, Erb, Eulenburg, E. Remak etc.) gedacht werden, die theils auf eine Läsion der grauen Vordersäulen, theils auf Erkrankung der peripheren motor. Nerven zurückgeführt wird. Bei dieser Krankheit ist die Ea R nur in einzelnen befallenen Muskelgruppen (z. B. den Extensoren der Hand und Finger) anzutreffen, während benachbarte Nervenstämme und die zu ihnen gehörigen Muskeln vollkommen intact befunden wurden. Im Verlaufe der Bleilähmung wurde zuerst von Erb schwere Mittelform der completen Ea R in noch nicht gelähmten Muskeln nachgewiesen; später fanden auch andere Autoren (bei der Bleilähmung) sogar schwere Form der compl. Ea R in willkürlich vollkommen beweglichen Muskeln. (Bernhardt, Buzzard, Kast, Kahler und Pick, Bennett etc.)

c) Bei ausgesprochen peripheren Erkrankungen. Hieher sind allen übrigen voran die oberwähnten intracraniell verlaufenden Störungen zu zählen, wo z. B. die Nerven an der Hirnbasis durch einen chronisch entzündlichen Process, oder durch Druck seitens einer Neubildung (somit eigentlich secundär) afficirt sind. Desgleichen gehören hieher alle Läsionen der bereits aus dem Rückenmarke ausgetretenen Nervenwurzeln.

Das eigentliche Gebiet peripherer Erkrankungen jedoch, in deren Verlauf die Ea R vorkommt, sind die Läsionen der motor. Nervenstämme und ihrer Ausbreitungen in den Muskeln; diese können einerseits durch mechanische, chemische, toxische und thermische Insulte, andrerseits durch verschiedenartige pathologische (degenerative Vorgänge) bedingt sein. Zu den traum. Ursachen, welche Ea R erzeugen, gehören alle Verletzungen der motor. Nerven durch Schlag, Druck, Umschnürung, Quetschung, Zerrung, Stich, Schnitt etc. Zahlreichen Experimenten und klinischen Beobachtungen zufolge entspricht hiebei die Intensität der Läsion vollkommen dem Grade der Ea R (ob complet oder partiell etc.). So wurde Ea R beobachtet bei traum. Serratuslähmung (Dalton und Ferrier), bei traum. Lähmungen des Plex. brach. (Erlenmeyer), bei traum. Ulnarlähmung (Erb, Vierordt) etc. Zu den chem. Noxen sind u. a. subcutane Aetherinjectionen zu rechnen (experimentell erwiesen durch Arnozan und E. Remak). Unter den Erkrankungen, in deren Verlauf Ea R auftritt, handelt es sich bei einigen, wie z. B. bei der interstitiellen Neuritis (Druck) auch nur um mechanische Ursachen. Zu den patholog. Processen, die zu neuritisch-degenerativen Veränderungen in den Nervenstämmen und motor. Wurzeln führen, gehören die diphtherit. Lähmungen (Erb), die Lähmungen nach acuten Krankheiten, z. B. nach acutem Gelenksrheumatismus, exanthem. Typhus (Bernhardt), nach Abdominaltyphus, Scharlach und Masern (Erb, v. Ziemssen, Fritz, Joffroy) ferner die Lähmungen nach Syphilis (E. Remak), nach Alkoholismus und Tuberculose (E. Remak), bei Lepra (Leegaard), bei Beriberi (Scheube), bei multipler Neuritis (Dubois in Bern, E. C. Müller, Leyden u. A.) und alle rheumat. Lähmungen, in erster Richtung die rheum. Facialparese.

Ob in diesen Fällen compl. oder part. Ea R vorkommt, hängt, wie schon mehrfach erwähnt, lediglich von der Intensität der Läsion ab. Vorwiegend tritt die part. Ea R bei gewissen rheum. Facialparesen, bei chronisch-atrophischen Spinallähmungen und verschiedenen peripheren Lähmungen, z. B. den Drucklähmungen des N. uln. (Erb) auf. Indessen kommt sie auch bei progressiven (schweren oder unheilbaren) Erkrankungen vor, wie z. B. bei der amyotroph. Lateralsklerose und Bulbärparalyse, bei der typischen progr. Muskelatrophie etc. ist demnach nicht etwa für bestimmte oder (wie mehrfach vorausgesetzt) nur vorübergehende leichtere Fälle, sondern vielmehr für das jeweilige Stadium der betreffenden Erkrankung pathognomonisch.

Wie bereits erwähnt, wurde mehrfach Ea R in noch nicht gelähmten Muskeln beobachtet. So fand Erb zuerst schwere Mittelform der Ea R in noch nicht gelähmten Muskeln im Verlaufe der Bleilähmung. Dies haben später Bernhardt und Buzzard, sowie Hughes Bennett bestätigt. Kast, Kahler und Pick fanden in noch nicht gelähmten Muskeln im Verlaufe der Bleilähmung sogar schwere Form der compl. Ea R. Kahler und Pick, sodann E. Remak fanden weiters compl. Ea R (in noch nicht gelähmten Muskeln) bei multipl. degenerat. Neuritis. Bei multipl. Neuritis

infolge von chron. Alkoholismus wurde ebenfalls mehrfach Ea R in noch nicht gelähmten Muskeln beobachtet (Fischer, Löwenfeld, Lilienfeld), desgl. bei traum. Medianuslähmung (Bernhardt) etc. Hieher gehören weiters noch zahlreiche Beobachtungen, denen zufolge bei erhaltener Leitungsfähigkeit des Nerven für den Willensreiz die Aufnahmsfähigkeit desselben für beide Stromarten bedeutend herabgesetzt oder vernichtet sind und in den Muskeln Ea R auftritt (Verhältnisse, die einigermaßen an das Regenerationsstadium nach schweren peripheren Lähmungen erinnern); so wurde Ea R in noch willkürlich beweglichen Muskeln bei nicht toxischen, nicht poliomyelitischen, nicht neuritischen Lähmungen beobachtet, von Bernhardt, Hoesslin, Kahler und Pick, E. Remak etc. Zur Erklärung dieser Beobachtungen nimmt E. Remak (nach Erb) an, dass es sich auch hier vielleicht nur um eine Erkrankung der Markscheiden (also um eine periaxiale degenerat. Neuritis mit consecut. myositischer Alteration) handle. Vielleicht sprechen diese Thatsachen eber für die Annahme directer troph. Nervenfasern für die Muskeln und directer troph. Nervenfasern für die motor. Nerven, und könnten in den obangeführten Fällen bei noch intacten troph. Bahnen für die motor. Nerven die troph. Fasern der Muskeln bereits erkrankt sein.

Ea R ist demnach pathognomonisch für degenerative Atrophie in den peripheren Nerven und Muskeln (eventuell in letztern allein). Da aber degenerative Atrophien erfahrungsgemäß neurot. Ursprungs sind, gestattet die Ea R einen sichern Schluss auf den der Lähmung vorangegangenen neurot. Process, der sich entweder in der periph. motor. Leitung oder im betreffenden troph. Centrum abspielt. Rein cerebrale Lähmungen sind demnach durch die Ea R ausgeschlossen. In einer und derselben Krankheit gestattet die Ausbreitung und der Grad der Ea R vollkommen sichern Schluss auf die Ausbreitung und den Grad der Läsion, sowie die Aussicht auf Heilung.

So wird bei einer und derselben Krankheit z. B. bei der rheumat Facialislähmung die Läsion desto intensiver, die voraussichtliche Krankheitsdauer umso langer, die Aussicht auf vollständige Wiederherstellung umso zweifelhafter sein, je ausgebildeter und vollständiger die Ea R auftritt und umgekehrt. Es heilt beispielsweise die leichte Form der rheumat. Facialislähmung (bei vollkommen erhaltenen elektr. Reactionen) in 2 bis 3 Wochen; die Mittelform (mit part. Ea R) bedarf schon 1—2 Monate zur Heilung und bei der schweren Form (mit compl. Ea R) sind hiezu gar 6—10 Monate und noch mehr erforderlich. Im allgemeinen (d. h. ohne Berücksichtigung des speciellen Falls und der Art der Erkrankung) darf man dagegen nicht einfach aus dem Grade der Ea R auch direct auf den Grad der Läsion schließen; man muss vielmehr berücksichtigen, dass part. Ea R auch bei schweren, unheilbaren Fällen vorkommt, andrerseits compl. Ea R sich wieder bei heilbaren rheum. Lähmungen findet. Die elektr. Diagnose darf demnach nur im Vereine mit den übrigen klinischen Symptomen zur Prognosenstellung herangezogen werden. Bei heilbaren Lähmungen hingegen kann die Ea R (d. h. Ausbreitung und jeweiliger Grad derselben) direct prognostisch verwertet werden. Der geschilderte Ablauf der Ea R unterliegt, wie leicht begreiflich, mannigfachen Störungen und Ausnahmen, sowie Unregelmäßigkeiten, was wiederholte, eingehende genaue Untersuchung und eine vortreffliche Untersuchungstechnik unumgänglich erfordert. Besonders achte man auf die durch Stromschleifen bedingten Zuckungen; so zucken bei Untersuchung der gesunden Muskeln die erkrankten (bei gesteigerter Erregbarkeit derselben) schon bei schwachen Strömen (infolge der sie treffenden Stromschleifen), während die gesunden noch gar nicht reagiren, umgekehrt bei herabgesetzter Erregbarkeit. Erb u. A. beobachteten häufig eine Doppelzuckung: zuerst zuckten die noch gesunden Muskeln blitzähnlich, dann folgte die träge Zuckung der Ea R. Die erste Spur der Ea R zeigt sich an großen Muskelmassen mitunter dadurch an, dass die K S Z noch blitzähnlich, die A S Z dagegen träge und langgezogen auftritt etc.

Zu den qualitativ-quantitativen Erregbarkeitsanomalien sind noch zu zählen: Erb's myoton. elektr. Reaction und die qualitativen Zuckungsanomalien vom Nerven aus.

Die myoton. elektr. Reaction (Erb), oder myoton. Contraction (Strümpell) kommt bei der Thomsen'schen Krankheit (der Myotonia congenita Strümpell) vor. An den motor. Nerven erweist sich sowohl die galv. wie auch die farad. Erregbarkeit quantitativ normal; dagegen treten bei labilen galv. Strömen, sowie bei freiem Spiel des Wagner'schen Hammers durch Summirung der einzelnen

Zuckungen qualitative Erregbarkeitsanomalien auf, die sich in deutlich nachdauernden tonischen Contractionen (ohne Ea R) manifestiren, wogegen einzelne Schließungen und Öffnungen, sowohl des galv. wie des farad. Stromes blitzähnliche Contractionen hervorrufen. An den Muskeln beobachtet man nach Einwirkung schwacher galv. Str. und einzelner farad. Öffnungsschläge (selbst der stärksten Ströme) nur blitzähnliche Contractionen, wogegen mittelstarke und starke farad. Str. bei freischwingendem Hammer deutlich nachdauernde Contractionen hervorrufen. Gegen den galv. Str. erweisen sich die Muskeln bei directer Reizung von erhöhter Erregbarkeit; dabei treten nur K S Z und A S Z, beide fast bei gleicher Stromstärke (aber keine Ö Z) auf. Bei schwachen galv. Str. treten (bei Stromschließung) nur blitzähnliche Zuckungen, bei starken Strömen hingegen tonische, träge, nachdauernde (lange gleichmäßig stehenbleibende) Contractionen auf. Bei stabiler Polapplication hingegen treten rhythmisch aufeinanderfolgende, hintereinander über den Muskel hinlaufende wellenförmige Contractionen auf, die in ganz gesetzmäßiger Weise von der Ka ausgehen und gegen die An. hin verlaufen (Erb). Typus dieser Reaction ist somit Trägheit und Nachdauer der Contractionen, die sich jedoch von den trägen Zuckungen der Ea R wesentlich unterscheiden. Überdies unterscheidet sich die myot. elektr. React. von Ea R noch dadurch, dass einzelne Öffnungsschläge immer blitzähnliche Zuckungen bedingen.

Qualitative Zuckungsanomalien vom Nerven aus, die sich im Überwiegen der A S Z über die K S Z oder der A Ö Z über die K S Z, endlich der K Ö Z über die A Ö Z äußern, wurden bei verschiedenen Processen von gewiegten Beobachtern constatirt, kommen im ganzen jedoch selten vor und besitzen keinerlei diagnostisch oder prognostisch verwertbare Bedeutung.

C. Veränderungen der elektr. Erregbarkeit der sensiblen Nerven.

Die Veränderungen der elektr. Erregbarkeit der sensiblen Nerven äußern sich nur in Steigerung und Herabsetzung der cutanen Sensibilitäts- und Schmerzempfindung dem elekt. Str. gegenüber, somit einerseits in Hyperästhesie und Hypästhesie bis Anästhesie, sowie andererseits in Hyperalgesie und Hypalgesie bis Analgesie.

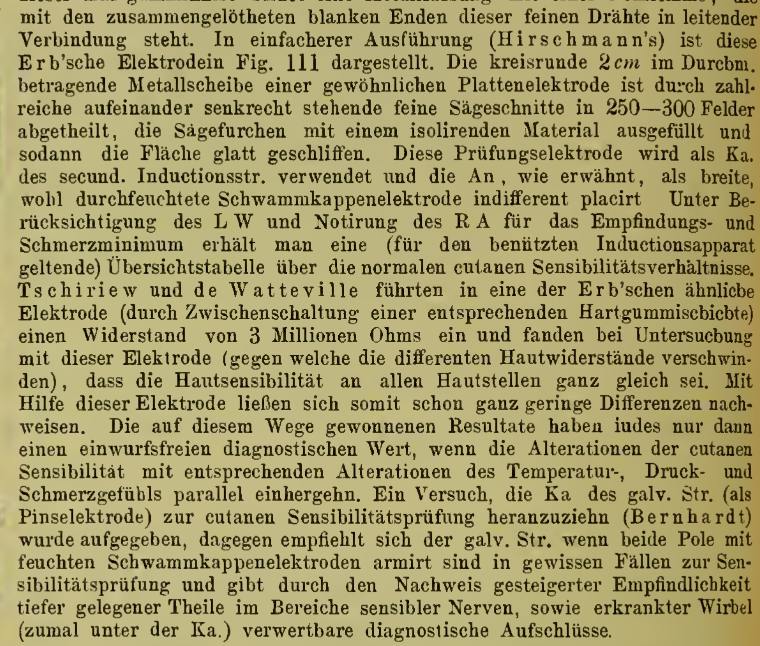
Leyden und Munk waren die ersten, welche den elektr. Str. zur Prüfung der Gemeingefühle der Haut herangezogen haben. Sie verwendeten hiezu den secund. Induct. Str., armirten mit den Polen desselben die gegeneinander wohlisolirten Arme eines Kupfercirkels, dessen abgestumpfte Spitzen in einer Entfernung von 1 *cm* unverrückbar fixirt waren, und bestimmten den Rollenabstand, bei dem die erste Minimalempfindung auftrat. Auf diese Weise erhielten sie Zahlen, die ein Bild der normalen faradocutanen Sensibilität in den verschiedenen Körpergebieten abgeben sollten.

Spätere Forscher kamen, da diese Methode zahlreiche Fehlerquellen einschließt, zu differenten Resultaten. Einerseits hatte Leyden und Munk den L W, der jedenfalls an den verschiedenen Hautstellen des menschlichen Körpers verschieden ist, nicht berücksichtigt. Andererseits trifft man mit 2 punktförmigen Elektroden, von denen überdies noch jede eine andere Reizgröße repräsentirt, das einemal einen Haarbalg oder Schweißcanal, das anderemal trockene Epidermis, was schon a priori verschiedene Resultate involviren muss. Bernhardt vorband beide Schenkel des Leyden'schen Cirkels mit dem gespaltenen Ende des von der Ka. des secund. Inductionsstr. kommenden Leitungskabels und applicirte die An. als breite wohl durchfeuchtete Schwammkappenelektrode an eine Handfläche des zu Untersuchenden. Bernhardt dehnte auch die faradocutane Prüfung auf die Bestimmung des R A für das Schmerzminimum aus und stellte die so gewonnenen Resultate in einer kleinen, zum Gebrauche am Krankenbette recht handlichen Schrift: „Die Sensibilitätsverhältnisse der Haut, Berl. 1874“ (nebst ähnlichen Angaben über die Prüfung des Ortssinnes des Temperatur- und Drucksinnes) tabellarisch zusammen. Bernhard eliminirte jedoch bei seiner Untersuchungsmethode nur eine Fehlerquelle (nämlich die, die differente Reizgröße der beiden Cirkelspitzen betreffende) und vermehrte die Eintrittsstelle der Stromfäden in die Haut nur um eine. Drosdoff empfahl zur faradocutanen Sensibilitätsprüfung eine Duchenne'sche Pinselelektrode Fig. 110 zu wählen und dieselbe mit der Ka. des secund. Inductionsstr. zu verbinden, die An. dagegen als breite, wohl durchfeuchtete Schwammkappenelektrode indifferent zu appliciren. Erb construirte für diesen Zweck (um die Fehlerquelle, die aus der mechanischen Reizung durch die einzelnen Drahtenden der Pinselelektrode entspringt, zu eliminiren) eine eigene Elektrode,

Fig. 110.

die aus 400 dünnen lackirten Kupferdrähten besteht, die in eine Hartgummiröhre von circa 2 *cm* Durchm. gefasst und sammt dieser eben abgeschliffen sind.[1]) Den Boden dieser Hartgummihülse bildet eine Metallfassung mit einer Polklemme, die mit den zusammengelötheten blanken Enden dieser feinen Drähte in leitender Verbindung steht. In einfacherer Ausführung (Hirschmann's) ist diese Erb'sche Elektrodein Fig. 111 dargestellt. Die kreisrunde 2 *cm* im Durchm. betragende Metallscheibe einer gewöhnlichen Plattenelektrode ist durch zahlreiche aufeinander senkrecht stehende feine Sägeschnitte in 250—300 Felder abgetheilt, die Sägefurchen mit einem isolirenden Material ausgefüllt und sodann die Fläche glatt geschliffen. Diese Prüfungselektrode wird als Ka. des secund. Inductionsstr. verwendet und die An, wie erwähnt, als breite, wohl durchfeuchtete Schwammkappenelektrode indifferent placirt Unter Berücksichtigung des L W und Notirung des R A für das Empfindungs- und Schmerzminimum erhält man eine (für den benützten Inductionsapparat geltende) Übersichtstabelle über die normalen cutanen Sensibilitätsverhältnisse. Tschiriew und de Watteville führten in eine der Erb'schen ähnliche Elektrode (durch Zwischenschaltung einer entsprechenden Hartgummischichte) einen Widerstand von 3 Millionen Ohms ein und fanden bei Untersuchung mit dieser Elektrode (gegen welche die differenten Hautwiderstände verschwinden), dass die Hautsensibilität an allen Hautstellen ganz gleich sei. Mit Hilfe dieser Elektrode ließen sich somit schon ganz geringe Differenzen nachweisen. Die auf diesem Wege gewonnenen Resultate haben indes nur dann einen einwurfsfreien diagnostischen Wert, wenn die Alterationen der cutanen Sensibilität mit entsprechenden Alterationen des Temperatur-, Druck- und Schmerzgefühls parallel einhergehn. Ein Versuch, die Ka des galv. Str. (als Pinselektrode) zur cutanen Sensibilitätsprüfung heranzuziehn (Bernhardt) wurde aufgegeben, dagegen empfiehlt sich der galv. Str. wenn beide Pole mit feuchten Schwammkappenelektroden armirt sind in gewissen Fällen zur Sensibilitätsprüfung und gibt durch den Nachweis gesteigerter Empfindlichkeit tiefer gelegener Theile im Bereiche sensibler Nerven, sowie erkrankter Wirbel (zumal unter der Ka.) verwertbare diagnostische Aufschlüsse.

Fig. 111.



D. Elektropathologie der Sinnesorgane.

Der Elektropathologie des Tastsinnes geschah im Vorhergehenden Erwähnung; die bisher gewonnenen elektro-patholog. Befunde am Geschmacks, Geruchs- und Sehorgan sind noch viel zu dürftig, als dass sie schon jetzt mit Erfolg diagnostisch oder prognostisch verwertet werden könnten. Selbst die mit classischer Exactheit und vieler Mühe und Sorgfalt seitens der Elektrotherapeuten geübte Untersuchungsmethode des Gehörapparats unter normalen und patholog. Verhältnissen hat nur spärliche Ergebnisse geliefert und wenigstens bisher noch nicht die Hoffnungen realisirt, die sowohl in diagnostisch-prognostischer, sowie in therapeutischer Beziehung an die elektr. Untersuchungs- und Behandlungsmethode des Gehörorgans geknüpft worden sind. Eine Hauptursache des mangelnden Fortschrittes in der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie der Sinnesorgane ist in der völlig ablehnenden Haltung der weitaus größten Mehrzahl der betreffenden Specialisten der elektr. Untersuchungs- und Behandlungsmethode gegenüber zu suchen. Dies ist umso bedauerlicher, da sie auch alleinig über das ganze bezügliche Krankenmaterial verfügen und sich viel leichter mit der Methodik der elektr. Untersuchung und Behandlung vertraut machen könnten, als umgekehrt die Elektrotherapeuten mit dem ganzen Detail aller betreffenden Specialzweige.

Am Gehörnerv wurden vielfach sowohl rein quantitative wie auch

[1]) Ich habe diese Erb'sche Elektrode zur Prüfung der faradocutanen Sensibilität in meinem 1883 bei A. Hartleben in Wien erschienenen Werke: „Die Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde", pag. 184, in Fig. 46 abgebildet und beschrieben.

quantitativ-qualitative Anomalien der pag. 248 und 249 besprochenen Brenner'schen Normalformel constatirt.

Die gesteigerte Erregbarkeit (Hyperästhesie des Acusticus) äußert sich darin, dass der Gehörnerv entweder schon auf die minimalsten Stromwerte anspricht, oder dass die normalen Klangsensationen (K S Kl und A Ö Kl) bei den sonst zur Hervorbringung derselben nöthigen Stromstärken viel lauter, viel intensiver oder in geänderter Klangfarbe auftreten. Bei reiner Hyperästhesie fällt der K S Kl entweder nur langsam ab (= K S K l >) oder er persistirt bei etwas erhöhter Stromstärke während der ganzen S D (K S K l ∞). Hyperästhesie des Gehörnerven tritt bei Perforation des Trommelfelles und bei verschiedenen Mittelohr- und Labyrintherkrankungen mit oder ohne subjectiven Gehörssensationen (Geräuschen) auf. Beim Vorhandensein letzterer kommt es mitunter vor, dass sie durch K S, K D und A Ö verstärkt oder in ihrer Klangfarbe verändert, dagegen durch A S, A D und K Ö zum Schweigen gebracht werden. In diesen Fällen vermehren plötzliche Stromverstärkungen die Kathodenreaction und vermindern die Anodenreaction, wogegen negative Dichtigkeitsschwankungen umgekehrt die Anodenreaction verstärken und die Kathodenreaction vermindern. Doch kommen auch zahlreiche Ausnahmen von dieser Regel zur Beobachtung.

Als Complication der Hyperästhesie ist zunächst die sogenannte paradoxe Reaction des nicht armirten Ohrs zu verzeichnen. Bei einseitiger Erkrankung reagirt in diesem Falle das nichtarmirte kranke Ohr schon auf die minimalsten Stromstärken in ganz normaler Weise (mit K S Kl und A Ö Kl), wogegen das armirte gesunde Ohr entweder erst auf bedeutend intensivere Stromwerte oder gar nicht antwortet. Bei beiderseitiger Hyperästhesie treten am armirten Ohre (indifferente Elektrode am Sternum oder in der Hand) die normalen Reactionen (K S K l und A Ö K l) auf, wogegen das nichtarmirte Ohr auf jene Reizmomente anspricht, die unter normalen Verhältnissen keine Gehörssensation hervorrufen (A S K l und K Ö K l). Erb hat das scheinbar Paradoxe dieser Reactionen erschöpfend dahin erklärt, dass er nachwies, dass in den genannten Fällen das nichtarmirte Ohr stets im Sinne der indifferenten Elektrode antworte. Die vom armirten Ohr austretenden Stromfäden vereinigen sich nämlich alle im Halsquerschnitte; diesem ist aber das nichtarmirte Ohr näher, als dem armirten, daher ersteres geradeso reagirt, als befände sich die indifferente Elektrode an demselben. Controlversuche bestätigten die Richtigkeit dieser Erklärungsweise; armirt man nämlich beide Ohren mit einem in zwei Elektroden gespaltenen Pol, so reagiren sie auch gleich.

Als weitere Complication der Hyperästhesie (mit qualitativer Veränderung der Normalformel) ist das Auftreten der vollen Zuckungsformel des motor. Nerven am Acusticus zu verzeichnen: Hiebei tritt zunächst K S Kl′∞, K Ö—, A S kl, A Ö Kl und bei geringer Steigerung der Stromstärke K S Kl″∞, K Ö Kl, A S Kl, A Ö Kl′ auf (wobei mit kl, Kl, Kl′, Kl″ stets zunehmende Gehörssensationen bezeichnet werden). Diese volle Formel tritt bei hochgradiger Schwerhörigkeit nach schweren Mittelohr- und Labyrintherkrankungen mit oder ohne parodoxen Reactionen des nichtarmirten Ohrs auf.

Als äußerst seltener Befund ist noch die Umkehr der Normalformel zu erwähnen. Hiebei ist A Ö K l > K S K l, mitunter sogar K Ö K l > A Ö Kl oder aber A S K l > K S Kl. Diese Umkehr der Normalformel tritt als äußerst seltene pathologische Reaction stets nur bei schweren Labyrinthleiden auf.

Im Gegensatz zur Erregbarkeitssteigerung kommen am Gehörnerven auch Erscheinungen verminderter elektr. Erregbarkeit (= Anästhesie oder nach Breuuer Torpor des Gehörnerven) vor. Diese Herabsetzung ist dadurch charakterisirt, dass die Reactionen des Gehörnerven entweder erst durch bedeutend gesteigerte Stromwerte oder gar nicht zu erzielen sind. Unter sonst normalen Verhältnissen beobachtet man eine Erregbarkeitsabnahme bei Ohrschmalzpfröpfen; in patholog. Fällen Erregbarkeitsverminderung bis Erregbarkeitsverlust bei verschiedenen Ohrleiden, die mit intensiven entotischen Geräuschen verbunden sind.

Genauere diagnostische Daten, als hier angedeutet, lassen sich aus den bisherigen Resultaten der elektr. Untersuchung des Gehörapparates nicht ableiten. In prognostischer Beziehung hoffte Brenner in jenen Fällen, wo die subjectiven Geräusche durch A S, A D und K Ö zum Schweigen gebracht werden, durch eben diese Reizmomente Heilung zu erzielen; doch kommen auch in dieser Beziehung fast ebensoviele Ausnahmen als Bestätigungen der Brenner'schen Supposition vor.

E. Was die elektrodiagnostisch verwertbaren Momente seitens des Centralnervensystems (Gehirn und Rückenmark), des N. symp. etc. betrifft, so wurde bei Erörterung der bezüglichen physiologischen Verhältnisse bereits das entsprechende erledigt.

F. Ueber die vasomotorischen, secretorischen und trophischen Nerven mangeln und bislang noch die physiologischen Kenntnisse; es kann daher von einer Feststellung der Elektropathologie dieser Gebilde noch keine Rede sein.

Die Elektrodiagnostik nimmt in der Reihe unserer diagnostischen Hilfsmitteln eine der hervorragendsten Stellen ein und verschafft uns bereits jetzt eine ganze Reihe von Aufschlüssen über patholog. Beziehungen, die durch kein anderes diagnostisches Hilfsmittel zutage gefördert werden könnten. Wenn auch die ersten Anfänge der Elektrodiagnostik weit zurück datiren, so ist dieselbe doch erst in den abgelaufenen letzten 2 Decennien auf exact wissenschaftlicher Basis begründet worden und hat nach dem Bekanntwerden absolut geaichter Galvanometer in jüngster Zeit einen erfreulichen Aufschwung genommen. Dennoch ist dieses Wissensgebiet bei weitem noch nicht abgeschlossen, vielmehr ein zumeist noch brachliegendes fruchtverheißendes Feld. Was indes die Elektrodiagnostik auch immer leistet, und was wir dereinst von ihr noch zu erwarten haben, es ist nicht mehr und kann nicht mehr sein, als ein einziges diagnostisches Moment, das nur im Vereine mit den andern diagnostischen Hilfsmitteln und nur als Theil des klinischen Bildes jedes einzelnen speciellen Falles uns in unserer Diagnosenstellung vor Fehlern und Irrthümern bewahren wird.

Schon Pfaff benützte zu einer Zeit, wo noch der Augenspiegel fehlte, die Elektricität zur Diagnose der Amaurose; wenn nämlich das Auge keine elektr. Funken wahrnehmen konnte, schloss er auf complete Parese des Sehnerven. Aldini verwendete die Elektricität zur Nekrobioskopie. Fowler benützte die Elektricität zur Diagnose cariöser Zähne (ein gesunder Zahn leitet die Elektricität nicht, schmerzt also auch nicht; ein erkrankter leitet die Elektricität zum bloßgelegten Nerven und erregt so Schmerz). Der erste jedoch, der die Alterationen der elektr. Erregbarkeit der Nerven und Muskeln zu diagnostischen Zwecken verwandte, war Marshall Hall. In neuerer Zeit wurde die Elektricität auch in anderer Richtung zu diagnostischen Zwecken herangezogen. So z. B. versuchte Horsley bei Hirnbrüchen aus dem Reizeffecte bei percutaner elektr. Reizung auf den Inhalt des Tumors zu schließen. Bei einem derartigen Versuche beobachtete er, bei Application der Pole des secund. Inductionsstr. auf den Tumor am Hinterhaupte Deviation beider Augen nach der gereizten Seite hin, woraus er auf die Vierhügel als den Inhalt der Hernie schloss, was auch durch die Autopsie bestätigt wurde.

Elektrodiagnostische Instrumente und Apparate.

Im Anschlusse an die im Vorhergehenden abgehandelte, eigentliche Elektrodiagnostik sei hier in aller Kürze einiger Anwendungen des elektrischen Stromes gedacht, die mittelbar diagnostische Verwertung gefunden haben. Hieher gehört erstlich eine Reihe von Instrumenten und Apparaten, die es ermöglichen, das elektrische Licht direct Heilzwecken dienstbar zu machen; ferner eine Reihe diagnostisch mit Erfolg verwertbarer Mikro-Telephon-Apparate, sowie endlich thermoelektrische Apparate zur Bestimmung der Ausstrahlungswärme des Körpers, eventuell auch der Körpertemperatur.

Das elektrische Licht in der Heilkunde.

Auf pag. 117 und 118 wurde der Bedingungen gedacht, unter welchen ein dünner Platindraht oder ein feiner Kohlenfaden im Stromkreise einer aus wenigen großplattigen Elementen (deren jedes eine große elektromotorische Kraft und einen unbedeutenden inneren Widerstand besitzt) erglüht. Solche Platindrähte und Kohlenfäden werden vielfach zur Beleuchtung der dem directen Besehen unzugänglichen Körperhöhlen, erstere auch noch überdies in der Chirurgie (zur Galvanokaustik) verwendet.

Freiliegende Platindrahtspiralen wurden denn auch von verschiedenen Seiten (Trouvé, Hedinger, Stein, F. Müller etc.) zumeist in Verbindung mit kleinen Metallreflectoren für gedachte Zwecke empfohlen. Sie gestatten indes wegen der großen Wärmemenge, die sie ausstrahlen, und der hiedurch erfolgenden raschen Erwärmung des betreffenden Apparates selbst in ihrer zweckmäßigsten Einrichtung nur vorübergehende und beschränkte Anwendung und leisten im ganzen nicht viel mehr als reflectirtes Tages- oder Lampenlicht.[1])

Seit dem Bekanntwerden der Glühlampen aus carbonisirter Pflanzenfaser (System Edison, Swan etc.) werden derartige Glühlämpchen kleinster Sorte, sogenannte Mignonlämpchen von verschiedenen Seiten, theils zur directen Einführung in die Körperhöhlen, theils zur Verwendung als reflectirtes Licht in Combination mit einem Hohlspiegel für Zwecke des Arztes gefertigt.

Dujardin-Beaumetz, Helot, Prof. v. Mosetig etc. haben solche Beleuchtungsapparate angegeben, die verschiedentlich von den Firmen: Jirasko, sowie W. Adler und Comp. in Wien, Trouvé in Paris, Blänsdorf in Frankfurt a. Main, Reiniger, Gebbert und Schall in Erlangen, Stuttgart und New-York, sowie von verschiedenen andern amerikan. Firmen ausgeführt wurden. In Fig. 112 und 113 sind die ersten diesbezüglich von Jirasko hergestellten Lampen, nämlich das v. Mosetig'sche Traumatoskop Fig. 112 und das Frontalphotophor Fig. 113 abgebildet. Die kleine Glühlampe ist hier in einer cylindrischen Metallhülse unterbracht, die an ihrer rückwärtigen Öffnung durch einen entsprechenden Reflector, vorn durch eine Condensationslinse abgeschlossen wird und an ihrer Oberseite die Klemmen für die Poldrähte der Batterie besitzt. Solche Lampen geben indes mitunter trotz des Reflectors und der Sammellinse nicht parallel austretende Lichtstrahlen, sondern vielmehr diffuses Licht und überdies noch ein störendes reelles Bild des glühenden Kohlenbügels. Die Firma Reiniger, Gebbert und Schall hat die Mignonlämpchen matt geschliffen und statt einer Beleuchtungslinse ein Linsensystem verwendet, wodurch sie homogenes Licht und parallel austretende Strahlen erhalten. Sie haben aus derartigen Mignonlämpchen Frontalphotophore und in Verbindung mit passenden (im Centrum durchbohrten) Reflectoren, Ohren- und Augenspiegel, sodann Kehlkopf-, Mund- und Rachenspiegel, endlich Vaginal- und Mastdarmspiegel hergestellt. Glühlämpchen lassen sich indes nur höchstens in den angeführten Körperhöhlen (aber nicht in der Harnröhre, Harnblase, Speiseröhre oder Magen) verwenden; der betreffende Apparat erwärmt sich endlich auch und brennt selbst bei großer Vorsicht der Kohlenbügel leicht durch, was ein Austauschen des Mignonlämpchens erfordert.

Auch das schwache Licht einiger in luftleeren (Geisler'schen

---

[1]) Vergl. was ich diesbezüglich über das Trouvé'sche Polyskop und die Hedinger'schen Spiegelchen in meiner „Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde" 332 und 333, sowie in meinem Aufsatze über „das elektrische Licht in der Heilkunde", Zeitschr. f. Elektrotechnik, 1884, IV. Heft, endlich in meinem Berichte über „die Elektomedicin auf der Wr. elektrischen Ausstellung 1883", S.-A. aus A. Hartleben's internationaler Zeitschr. f. die elektrische Ausstellung in Wien, pag 43 und 44 auseinandergesetzt habe.

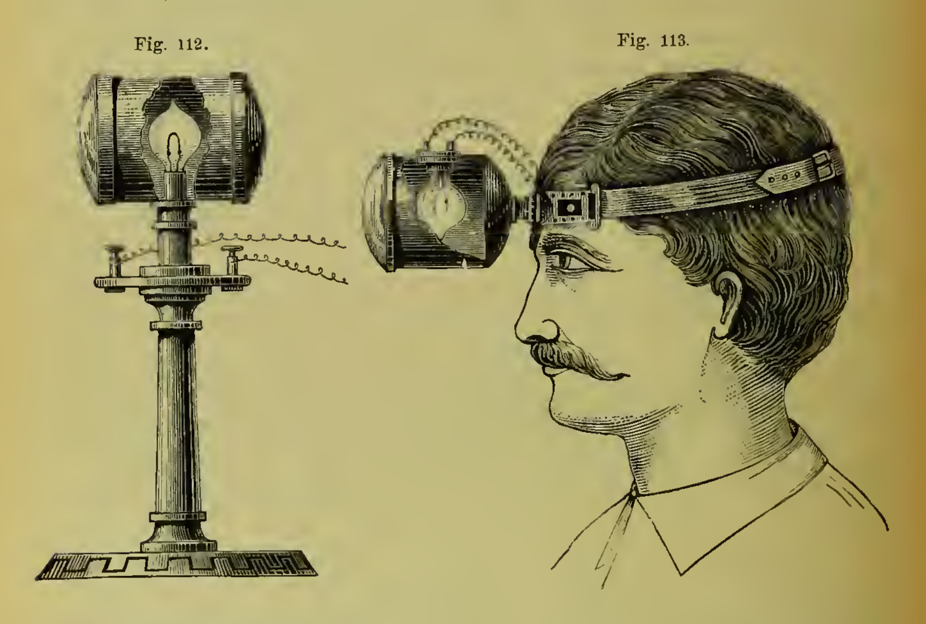
oder Crookes'schen) Röhren eingeschlossener, im Funkenstrome phosphorescirender Substanzen wurde von Dr. Michael in Hamburg (als Psychrophos = Kaltlicht) zu gleichen Zwecken empfohlen.

Die Lichtstärke dieses Apparates beträgt nach Dr. Michael's eigenen Angaben kaum $^1/_{100}$ der Lichtstärke einer Stearinkerze. Ich stimme diesbezüglich vollkommen dem Urtheile des Hofraths Stein[1]) bei, der hierüber sagt. „Dieser Apparat bleibt aber weder kalt, noch gibt er ein auch nur nennenswertes Licht, ist und bleibt daher ein unbrauchbares Curiosum."

Alle genannten elektrischen Beleuchtungsmethoden wurden auch noch zur Diaphanoskopie, d. h. Durchleuchtung einzelner Theile des menschlichen Körpers (so u. A. von Bruck, Lazarewitsch, Milot, Schramm, Müller, Michael etc.) verwendet, ohne dass hiebei ein auch nur irgendwie praktisch brauchbares Resultat zutage gefördert worden wäre.

Die von einem weißglühenden Platindraht ausgehende Wärme zu eliminiren, verfiel der Zahnarzt Dr. Bruck in Breslau darauf, die

Fig. 112. Fig. 113.



Lichtwirkung allein zu verwenden und die Wärme dadurch zu beseitigen, dass er den glühenden Draht in ein vorn durch ein Glasplättchen geschlossenes Metallgehäuse eintrug, in welchem derselbe wenigstens von drei Seiten von in geschlossenen Röhren circulirendem kalten Wasser umgeben ist. Das Wasser nimmt hiebei vermöge seiner großen Wärmecapacität die ganze Wärme auf und leitet sie fort, so dass derlei Instrumente, ohne sich im geringsten zu erwärmen, stundenlang im menschlichen Körper verweilen können.

Bruck construirte nach diesem Principe ein Stomatoskop zur directen Beleuchtung der Mundhöhle und der Zähne. Nach dem Bruck'schen Principe hat 1877 Dr. Nitze zunächst durch den Dresdener Instrumentenfabrikanten Deicke auch Apparate für tiefer gelegene Körperhöhlen und Canäle fertigen lassen. Da Deicke jedoch nach Herstellung einiger Modelle sich den weitern viele Mühe, Zeit und Geld erfordernden

---

[1]) Stein, Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung. 2. Aufl., pag. 442.

Experimenten nicht unterziehen wollte, trat Nitze mit J. Leiter in Wien in Verbindung, der vom erstern das Recht erwarb, die von demselben erweiterte Bruck'sche Methode, sowie die Deicke'schen Modelle als Grundlage seiner eigenen ganz selbständigen Arbeiten auf elektroendoskopischem Gebiete zu machen.

J. Leiter hat denn auch seit 1877 seine volle Arbeitskraft diesem Gegenstande zugewendet und nach tausendfachen Experimenten und Vorversuchen ganz selbständig neue Apparate construirt und ausgeführt, die, von den ursprünglichen Modellen völlig verschieden, auch als sein geistiges Eigenthum angesehen werden müssen. Mit diesen Leiter'schen Apparaten, die jeder Arzt (der mit den Grundprincipien der Elektricitätslehre vertraut ist und nicht etwa — wie geschehen — bei Füllung der zum Erglühen der Platindrähte nöthigen Bunsen-Elemente — horribile dictu — die verdünnte Schwefelsäure zur Kohle und die concentrirte Salpetersäure zum Zink gießt, oder ein dem gleichkommendes Kunststück ausführt) ganz allein in Thätigkeit setzen und handhaben kann, ohne, wie fälschlich behauptet, jedesmal eines Mechanikers zu bedürfen, haben denn auch in der Folge zahlreiche Kliniker, Specialisten und praktische Ärzte unerwartete und durch keine andere Methode erreichbare Resultate zutage gefördert; erst mit den Leiter'schen Endoskopen konnte man wirklich in die Harnröhre, Harnblase, die Speiseröhre und den Magen sehen.

Leiter hat nach dem vorerwähnten Principe eine ganze Reihe elektroendoskopischer Instrumente construirt, u. zw.: Stomatoskope, Pharyngoskope, Laryngoskope, Rhynoskope, Otoskope, Urethroskope, Kystoskope, Vaginoskope, Hysteroskope, Rectoskope, Enteroskope und als Krone der Elektroendoskopie, Ösophagoskope und Gastroskope. Diese Instrumente und die zur Handhabung derselben nöthigen Nebenapparate hat Leiter in einer Monographie[1]) beschrieben.

Hier sei in aller Kürze nur einiger dieser Instrumente gedacht, u. zw. vorzugsweise jener, die Körperhöhlen zu erleuchten gestatten, die bisher noch mit keinem andern elektroendoskopischen Apparate in Wirklichkeit erleuchtet werden konnten, nämlich der für die Harnröhre, Harnblase, die Speiseröhre und den Magen bestimmten.

Leiter's Urethroskop besteht aus einem vierkantigen Lichtträger (der im vergrößerten Maßstabe in Fig. 114 im Längsschnitte und in Fig. 115 im Querschnitte dargestellt ist) und aus verschiedentlich gestalteten katheterförmigen Untersuchungsröhren (wie z. B. die durch Punkte angedeutete Röhre *a* in Fig. 116). Der Lichtträger besteht aus einem vierkantigen in drei Längscanäle (*a*, *b* u. *f*) abgetheilten und an seinem Vorderende (wie aus Fig. 117 ersichtlich) keilförmig abgestumpften Silberstabe, der an die Innenwand eines in den Trichter *l* sich erweiternden cylindrischen Rohrstückes *kk* gelöthet ist. Die Canäle *a* und *b* (Fig. 114) dienen zur Wasserleitung, das durch das Ansatzrohr *d* zugeleitet wird und in der Richtung der Pfeile durch das Ansatzrohr *e* ausfließt. Der 3. Raum *f* dient für die isolirte Leitung des Silberdrahtes *gh*, der bei *i* durch den Hartgummiring *m* von *kk* isolirt und mit dem Ringe *n* in leitende Verbindung gesetzt ist. Bei *h* besitzt dieser Silberdraht eine Platinhülse, *a* in Fig. 117, während die 2. Hülse *b* dieser Fig. mit dem ganzen Instrumente in leitender Verbindung steht. In diese zwei Hülsen wird die Platinschlinge, wie aus Fig. 116 und 117 zu ersehen, mit ihren freien Enden gesteckt und mittels kleiner Keile daselbst befestigt. Fig. 116 zeigt das Instrument in natürlicher Größe. Die Stromzuleitung findet mittels der federnden Doppelklemme *ee* statt, deren gegeneinander isolirte Backenpaare je einen der voneinander isolirten Ringe *f* und *g* (Fig. 116) umgreifen (*f* steht mit dem isolirten Drahte, *g* mit dem ganzen Instrumente in Verbindung). Wird der durch einen Rheostat zu regulirende Strom dem Lichtträger *b* (Fig. 116) zugeführt und die Wasserleitung mittels einer Druckpumpe oder eines Irrigators in Thätigkeit gesetzt, so erglüht der Platindraht und liefert ein zweckentsprechend intensives Licht, ohne selbst nach stundenlanger ununterbrochener Benützung die Untersuchungsröhre *a* merklich zu erwärmen. Die Platinschlinge *c* (Fig. 116) ist der schiefen Ebene des vorn keilförmig endigenden Beleuchtungsstabes entsprechend abgebogen, damit das seiner Länge nach blickende Auge wohl die beleuchtete Fläche, nicht aber die Lichtquelle selbst sehe. Die Marke *l* orientirt stets über die Stellung der Lichtquelle. In Fig. 118 ist die Untersuchungsröhre sammt dem Beleuchtungsstabe in natürlicher Größe im Querschnitt dargestellt. Neben dem Lichtträger bleibt noch Raum genug zum Durchsehen; zur deutlicheren Besichtigung, sowie zur Vergrößerung des Gesehenen kann überdies noch ein, zuerst von Benèche in Berlin, dermalen von Reichert in Wien gefertigter optischer Apparat, der die Einrichtung eines Fernrohres hat, eingeschoben werden. In Fig. 119 ist das Urethroskop in Thätigkeit schematisch veranschaulicht.

[1]) Elektroendoskopische Instrumente, Wien 1880.

Leiter's Kystoskope sind katheterähnliche Instrumente, deren Applicationsenden wie der Schnabel einer Steinsonde abgebogen sind und die Lichtquelle entweder an

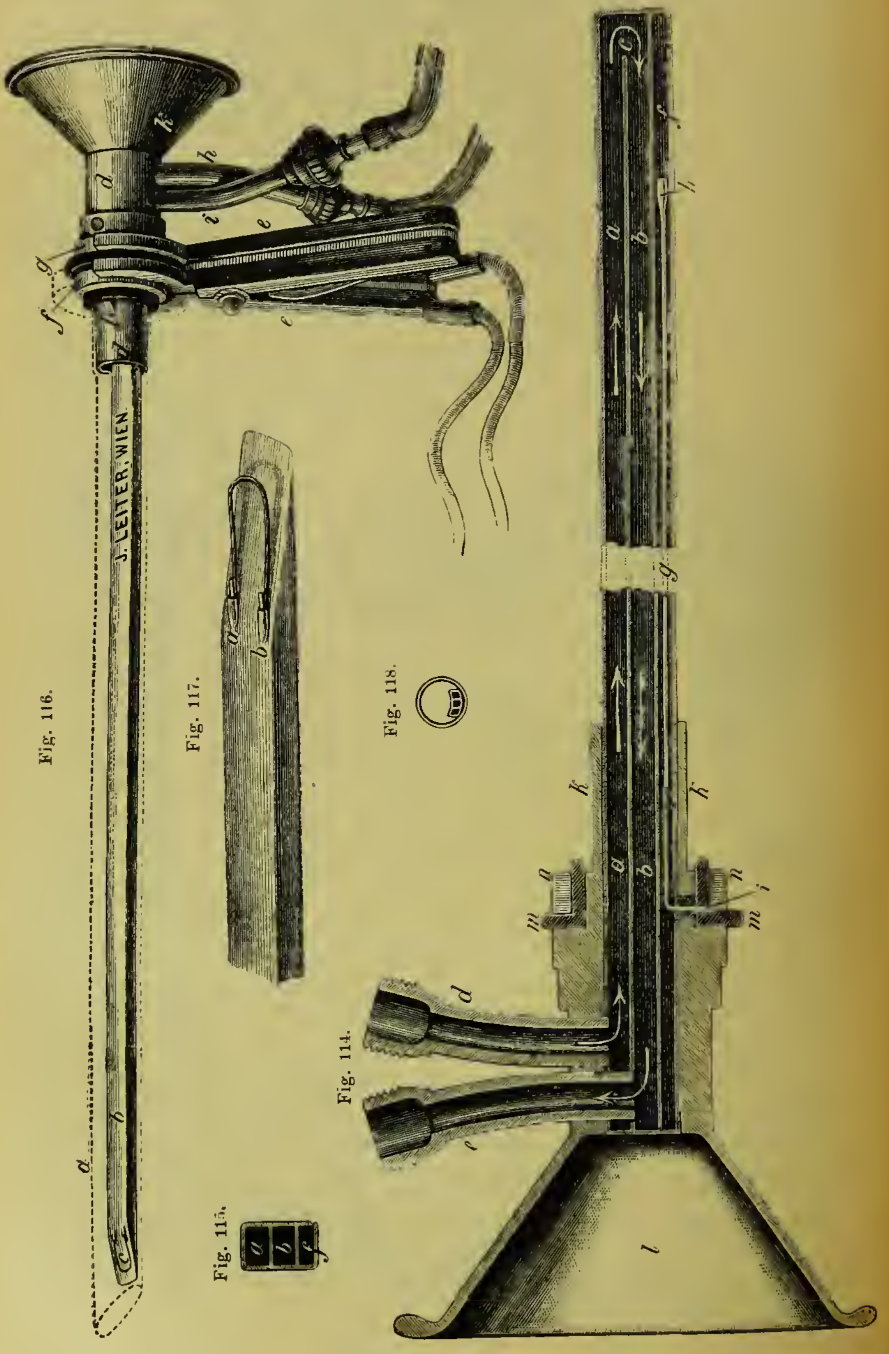
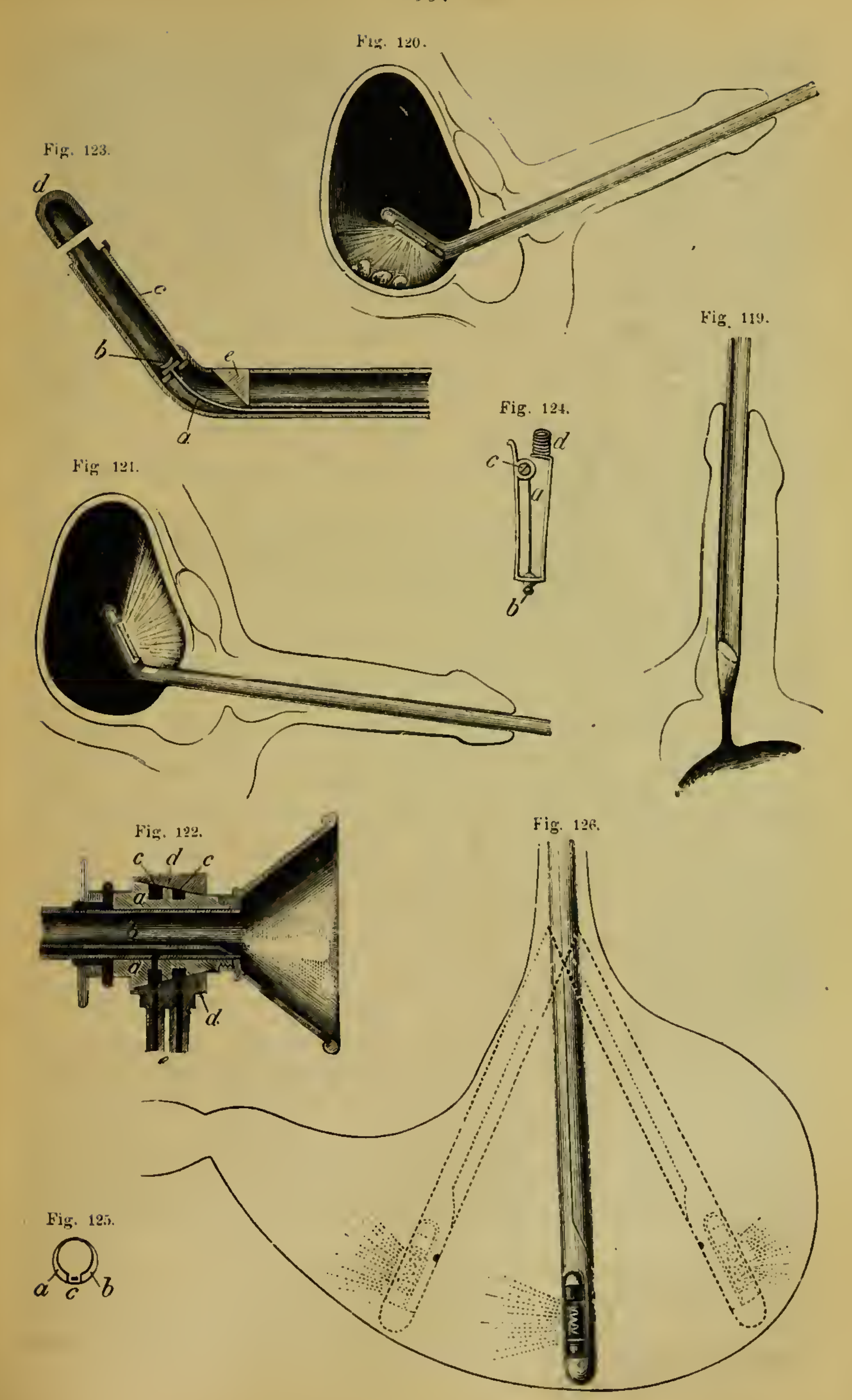


Fig. 116. Fig. 117. Fig. 118. Fig. 114. Fig. 115.

ihrer untern Fläche besitzen, wie in Fig. 120 (zur Untersuchung der untern und hintern Blasenpartien) oder an ihrer obern Fläche, wie in Fig. 121 (zur Untersuchung des


Fig. 120.
Fig. 123.
d
c
b
e
a
Fig. 124.
d
c
a
b
Fig. 119.
Fig 121.
Fig. 122.
c
d
c
a
b
a
d
Fig. 126.
Fig. 125.
a
c
b

Blasenhalses und der vordern und obern Blasenpartien) in Action schematisch dargestellt ist. Der Lichtträger bildet bei diesen Instrumenten mit den katheterförmigen, unten vollkommen wasserdicht geschlossenen Untersuchungsröhren ein Ganzes. Damit das eingeführte Instrument dennoch gedreht werden könne, ist nicht nur die Zuleitung des elektr. Str. (mittels der federnden Doppelklemme), sondern auch die Zuleitung des Wassers, wie aus Fig. 122 bei *a b c d* ersichtlich, drehbar eingerichtet. Die Kuppe *d* des abgebogenen Applicationsendes ist, wie aus Fig. 123 zu ersehen, abschraubbar; die Vorderseite dieses abgebogenen Theils ist durch das Krystallfenster *c* wasserdicht geschlossen. In diesen Raum ragt die Platinpfanne *b* des isolirten Silberdrahtes *a*. Der zu erglühende Platindraht *a* (Fig. 124) ist mit einem Ende mittels der Schraube *c* in die federnde Spange *c b d* festgeschraubt, das knopfförmige zweite Ende *b* dagegen mittels einer Glasperle gegen diese federnde Spange isolirt. Wie eine Patrone bei einem Hinterlader wird diese federnde Spange in den abgebogenen Theil von Fig. 123 eingeschoben, so dass der isolirte Knopf *b* des Platindrahtes *a* (der Fig. 124) mit der Platinpfanne *b* des Silberdrahtes *a* (der Fig. 123) in Berührung kommt. Die Spiralfeder *d* dieser Spange wird sodann durch die Kuppe *d* (der Fig. 123) zusammengedrückt, wodurch stets sicherer Contact erzielt wird. Ober dieser Lichtquelle befindet sich ein dreiseitiges Glasprisma, welches durch totale Reflexion die Bilder der beleuchteten Blasenpartien in das Lumen des Instrumentes projicirt und dort deren Betrachtung mit freiem Auge oder dem erwähnten optischen Apparate ermöglicht. Der Querschnitt des Kystoskops ist in natürlicher Größe in Fig. 125 dargestellt; *a* und *b* sind die Wassercanäle, *c* der Raum für den isolirten Silberdraht.

Mit Übergehung aller andern Leiter'schen elektroendoskopischen Instrumente sei hier nur erwähnt, dass nach dem Muster des Urethroskops das Ösophagoskop und nach dem Vorbilde des Kystoskops das Gastroskop (in Fig. 126 in Action dargestellt) eingerichtet sind. Diese beiden Instrumente haben ihre eigene Geschichte. In der angeführten Leiter'schen Monographie sind sie in wesentlich verschiedener sinnreicher, jedoch äußerst complicirter und praktisch nicht brauchbarer Ausführung abgebildet und beschrieben. Erst als Prof. Joh. Mikulicz sich der Ösophagoskopie und Gastroskopie annahm, gelang es, nach seiner Angabe, die beiden Instrumente mit entsprechenden Modificationen der bereits praktisch erprobten Leiter'schen Instrumente für die Harnröhre und Harnblase auch für diese beiden bis dahin noch nie direct beleuchteten Körperräume auszuführen, und hat das Ösophagoskop und Gastroskop sich seither gerade so praktisch brauchbar erwiesen, wie alle andern Leiter'schen Elektroendoskope.[1])

Zur Inthätigkeitsetzung dieser Instrumente muss eine, aus wenigen großplattigen Elementen von bedeutender elektromotorischer Kraft und geringem inneren Widerstande entsprechend zusammengestellte Batterie verwendet werden. Solche Elemente sind z. B.: das Zink-Kupfer-Element von Reynier (pag. 88), das Zink-Platin-Element von Grove (pag. 90) mit seinen Modificationen von Poggendorff, Wöhler, Warrington, Callan etc., das Zink-Kohle-Element von Bunsen (pag. 91 und 92) mit seinen zahlreichen Modificationen (u. A. von Arsonval pag. 92, Tomassi pag. 92 und 93. Delaurier pag. 94, Thame, Fuller, Baudet pag. 94, Higgins und Arsonval pag. 95), die Zink-Kohle-Chromsäure-Elemente (u. A. von Bunsen, Grenet, Trouvé, Tissandier pag. 97, ferner von Böckel, Hedinger, Bruns etc. pag. 98), das Zink-Platin-Chromsäure-Element von Byrne (pag. 100) und die Zink-Eisen-Elemente (von Hawkins, Sturgeon, Poggendorff, Schönbein, Münnich, Callan, Uelsmann etc. pag. 101 und 102) etc.

Aus derlei Elementen wurden von zahlreichen Mechanikern verschiedene Batterien zusammengestellt, die ich ziemlich erschöpfend in meiner Monographie: „Über die Anwendung der Galvanokaustik in der praktischen Heilkunde“[2]) beschrieben habe. — Die größte Verbreitung fanden Batterien aus Bunsen-Elementen, da sie ebenso wirksam, dabei aber viel billiger sind, als die aus Grove-Elementen zusammengestellten. — Um die Unannehmlichkeit, die das Füllen und Entleeren der concentrirten Salpetersäure mit sich bringt, auf ein Minimum zu reduciren, hat J. Leiter in Wien ein sinnreiches Arrangement getroffen, indem er das Füllen und Entleeren mittels Glashebern und einer Kautschukballon-Saug- und Druckpumpe bewerkstelligen lässt.[3])

---

[1]) Vergl. hierüber: Über Gastroskopie und Ösophagoskopie von Dr. J. Mikulicz. Urban und Schwarzenberg in Wien 1881, sowie meine diesbezüglichen Publicationen.

[2]) Wiener Klinik, VIII. u. IX. Heft (auch als S.-A. bei Urban u. Schwarzenberg erschienen), August-September 1886, pag. 210—242.

[3]) Cfr. ibid. pag. 219—222.

Batterien aus Zink-Kohle-Kaliumbichromatlösung-Elementen lassen sich zwar sehr handsam und leicht transportabel herstellen, allein sie eignen sich ob ihrer Inconstanz nur für kurze Anwendungen. Dagegen dürften sich Tauchbatterien aus Zink-Kohle-Elementen mit nur einer einzigen, aus einer Lösung chemisch-reiner Chromsäure und Schwefelsäure bestehenden Erregungsflüssigkeit am besten für Zwecke des praktischen Arztes empfehlen. Ehedem waren derlei Batterien wegen des ziemlich hohen Preises der chemisch-reinen Chromsäure theuer; da aber dermalen durch die Fortschritte der Industrie der Preis der Chromsäure bedeutend gefallen (indem beispielsweise dermalen ein Pfund derselben ebensoviel kostet, als früher ein Loth), dürften diese Batterien bald die aus Zink-Kohle-Kaliumbichromatlösung-Elementen zusammengestellten vollständig verdrängen. J. Leiter in Wien hat soeben recht handliche, leicht transportable, größere und kleinere Batterien aus solchen Elementen zusammengestellt, die irgend ein beliebiges endoskopisches Instrument durch volle vier Stunden ununterbrochen in Thätigkeit erhalten.

Zu erwähnen ist, dass je geringer der Widerstand im Schließungsbogen (Elektroendoskop, galvanokaustische Schlinge etc.) ist, desto geringer auch der innere Widerstand der Batterie sein muss, und umgekehrt, wofern man die Leistungsfahigkeit der letzteren am vollkommensten ausnützen will.

Dass die Elektroendoskopie bisher nur von Wenigen geübt wurde, hängt von mehrfachen Gründen ab. Einerseits sind die betreffenden Instrumente und Apparate, wenngleich preiswürdig, doch im ganzen theuer[1]); andrerseits muss die Handhabung der Instrumente eingeübt und das Sehen mit Hilfe derselben erst gelernt werden; endlich sind auch — die Specialisten — wie ich in der „Elektrotechnik in der prakt. Heilk.“, pag. 355, angedeutet, dermalen der Elektroendoskopie noch abhold. Ihr indes jede Bedeutung kurzweg absprechen zu wollen, wie Stein, pag. 425 seines Werkes (Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung) gethan, ist unrichtig und durch die eminent prakt. Erfolge bis in die jüngsten Tage, sattsam widerlegt. So hat Prof. J. Mikulicz in Krakau im Jahre 1884 allein, trotz des spärlichen (geeigneten) Materials in 30 Fällen die Speiseröhre und den Magen elektroendoskopisch untersucht. Nach einer an mich gerichteten brieflichen Mittheilung dto. 27. Juni 1884 betrafen diese Untersuchungen *a)* eine Reihe von Carcinomen des Ösophagus (Mikulicz sagt: Die Diagnose ist leicht zu stellen, das Bild ein prägnantes); *b)* Narbenstricturen des Ösophag. nach Gumma; *c)* Eine Strictur des Ösophag. nach Verätzung; *d)* Fremdkörper im und Verletzungen des Ösophag. durch diese; *e)* Aneurysmen der Aorta mit consecutiver Compression des Ösophag.; *f)* Dilatation des Ösophag.; *g)* Eine Reihe von Carcinomen des Magens; *h)* 2 Fälle von Ulc. rotund. (welch' letztere deutliche Bilder gaben). — Ein Fall von Ulc. rotund. wurde auch später durch die Autopsie bestätigt. Betreff der Pyloruscarcinome hat Mikulicz in der Wr. med. Wochenschr. (Nr. 23 und 24 ex 1883) ein neues gastroskopisches Symptom beschrieben.

Was die mit dem Kystoskop erzielten Erfolge anbelangt, so brauche ich nur auf die einschlägige Literatur zu verweisen; so wurden Fremdkörper in der Harnblase mittels des Leiter'schen Kystoskops entdeckt von Stabsarzt v. Fillenbaum[2]), von Schustler[3]), Prof. Nicoladoni.[4]) Weiters beschreibt Schustler[5]) fünf Fälle von Harnblasencarcinom (aus Prof. Dittel's Klinik), in denen alle andern Untersuchungsmethoden die Ursache der Hämaturie nicht aufdecken konnten und in denen nur einzig und allein die Endoskopie mit dem Leiter'schen Kystoskop die Diagnose ermöglichte. In einem Falle von Cystitis haemorrhag. wurde ein großer weicher Stein durch den Lateralschnitt entfernt; als aber die Beschwerden sich trotzdem nicht besserten, wurde durch die Digitaluntersuchung (der Finger konnte wegen hochgradiger Prostatahypertrophie nicht bis zum Orif. urethr. int. vordringen) und durch Sondenuntersuchung nach der noch bestehenden Ursache der fortdauernden Beschwerden vergeblich geforscht.

---

[1]) J. Leiter beschäftigt sich neuerdings mit der Herstellung von Elektroendoskopen bei Verwendung entsprechender Mignonlämpchen und hat bereits die Wiener Kliniken mit vorzüglich functionirenden Frontalphotophoren, Vaginoskopen, Laryngoskopen etc. versehen. Jüngstens sagte er mir; daß er sein Kystoskop abgeändert und mit einem Glühlämpchen armirt hergestellt habe, das in die mit Wasser gefüllte Blase ohne weiters eingeführt werden kann, und daß er daran gehe, auch alle anderen Elektroendoskope in der Art herzustellen, wodurch die Elektroendoskopie unendlich vereinfacht würde, da die ganze Wasserleitung, der Rheostat etc. wegfiele und die betreffenden, nicht complicirten Apparate einfach durch eine regulirbare Batterie ohne weiters von Jedermann leicht in Thätigkeit gesetzt werden können.

[2]) Deutsche Zeitschr. f. Chirurg XX, pag. 453. — [3]) Wr. med. Wochenschr. 1885, Nr. 8. — [4]) Ibid. 1885. Nr. 7 und 8. — [5]) Ibid. 1886, Nr. 13.

Erst die Application des Leiter'schen Kystoskops zeigte, dass im Fundus vesicae ein großer Stein in einem Divertikel festsaß und nur wenig aus der Divertikelöffnung prominirte. In glänzender Weise ist übrigens Prof. Dittel selbst unmittelbar nach diesen Publicationen in der Gesellschaft der Ärzte für die praktische Bedeutung und die Erfolge der Elektroendoskopie, ausgeführt mit Hilfe der Nitze-Leiter'schen Endoskope, eingetreten.[1]) Ich übergehe absichtlich (aus Raummangel) die ältern Literaturangaben und verweise, was die nähern Details der Anwendung des elektr. Lichtes in der Heilkunde betrifft, auf die bereits erwähnten Publicationen.

Medicinische Mikro-Telephonapparate.

Auch das Telephon und Mikrophon, zwei moderne, rasch in weiteren Kreisen bekannt gewordene und dem allgemeinen Verkehr übergebene elektrische Apparate wurden vielfach diagnostischen Zwecken dienstbar gemacht.

Obgleich man die Einrichtung des Bell'schen Telephons und des Hughes'schen Mikrophons heutzutage als allgemein bekannt voraussetzen könnte, seien beide Apparate dennoch wenigstens ihrem Principe nach in aller Kürze hier skizzirt.

Das Bell'sche Telephon (cfr. Fig. 131 rechts unten) enthält als wesentlichen Bestandtheil einen stabförmigen constanten Magnet, der in einer cylindrischen Holzfassung mittels Schrauben fixirt ist. Diese Holzfassung ist in ihrem vordersten Sechstel zur Aufnahme einer Spule aus sehr feinem isolirten Kupferdraht um das Dreifache erweitert. Im Centrum dieser Spule steckt ein cylindrischer Stab aus weichem Eisen. Die breite Vorderöffnung der Holzfassung wird mit einer kreisförmigen Scheibe aus dünnem elastischen Eisenblech (ohne den Eisenkern der Spule zu berühren) bedeckt, die ein nach vorn trichterförmig sich erweiternder Holzring, der an die Vorderöffnung der Holzfassung, geschraubt wird, in dieser Lage fixirt. Die Enden des feinen Drahtes der erwähnten Spule sind mit Polklemmen an der Außenfläche der Holzfassung in leitende Verbindung gesetzt. Werden zwei solche Telephone mittels Leitungsdrähten miteinander verbunden, so bildet das eine den Telephonsender, das andere den Telephonempfänger. Durch Influenz seitens des constanten Magnetes wird der Eisenkern der Drahtspule ebenfalls magnetisch und durch Influenz seitens des letzteren in weiterer Folge auch die elastische Eisenplatte. Spricht nun jemand gegen die Schallöffnung des Telephons, so geräth die Eisenblechplatte in Vibration, wodurch sie dem Eisenkerne bald genähert, bald von diesem entfernt wird; hiedurch wird aber der Magnetismus in diesem Eisenkerne bald verstärkt, bald vermindert, was auf die Drahtspule inducirend wirkt, so dass in derselben (wenn sie durch Leitungsdrähte mit der Spule eines zweiten Telephons verbunden ist) elektrische Momentanströme (Magnetinductionsströme) verlaufen. Indem diese Ströme auch durch die Spule des zweiten Telephons (des Empfängers) kreisen, wirken sie auf den Eisenkern desselben nach den Gesetzen des Elektromagnetismus und verstärken oder schwächen (je nach ihrem in entgegengesetzter Richtung stattfindenden Verlaufe) seinen Magnetismus: hiedurch wird auch die Eisenplatte des zweiten Telephons abwechselnd angezogen und abgestoßen, somit in die gleichen Vibrationen versetzt, wie die Eisenplatte des Telephonsenders. Hält jemand dieses zweite Telephon (als Telephonempfänger) mit der Schallöffnung knapp an das Ohr, so vernimmt er infolge Erregung entsprechender Luftschwingungen qualitativ dieselben Schalleindrücke, welche die Platte des Telephonsenders in Schwingungen versetzten. Die menschliche Stimme, sowie ganze Musikpiècen werden ja bekanntlich auf diese Weise auf weite Strecken fortgeleitet und kommen am Empfangsorte zu ganz deutlicher Wahrnehmung.

Schaltet man in den Kreis einer aus einigen Leclanché-Elementen gebildeten Stromesquelle ein derartiges Bell'sches Telephon, zerschneidet an einer Stelle den Schließungsbogen, bringt die Schnittflächen desselben in innige Berührung, so wird jede in der Nähe dieser Stelle erfolgende auch noch so kleine Erschütterung sich auch den in Berührung befindlichen Enden des Schließungsbogens mittheilen, den Contact derselben und somit auch den L. W. an dieser Stelle alteriren und dementsprechend Schallimpulse im Telephon verursachen; das ist das Princip des Hughes'schen Mikrophons, dessen Name daher rührt, weil schon schwache Schallimpulse, die das Mikrophon treffen, im Telephon sehr laut vernommen werden. In der Praxis werden die beiden Enden des durchschnittenen Schließungsbogens zu zwei Kohlenstückchen geleitet, von

[1]) Neuerdings veröffentlichte Prof. v. Bergmann (Wr. med. Wochenschr. 1887, Nr. 5, pag. 137) einen Fall, in dem es ihm mit Hilfe des Endoskops gelang, die Lage und die Art des Tumors in einer (männlichen) Harnblase zu bestimmen.

denen das eine fix, das andere beweglich ist, und letzteres durch eine sehr empfindliche Feder leicht gegen das fixe Kohlenstückchen gepresst wird.

An allen Mikrophonen, die Dr. Boudet de Pâris für medicin. Zwecke eingerichtet hat, wird die bewegliche Kohle *(D)* gegen die fixe *(H)* durch ein \/ förmig zusammengebogenes federndes Papierstückchen *(I)* gedrückt und durch eine Mikrometerschraube *(V)* die größtmöglichste Empfindlichkeit erzielt. So zeigt Fig. 127 einen auch als Telephon verwendbaren Apparat, den Mikrophonsender, = Überträger und = Empfänger. Werden zwei derartige Apparate mit einer kleinen Batterie in einen Kreis geschaltet, und spricht jemand gegen die Eisenplatte (die an ihrer Unterseite die fixe Kohlenplatte *H* trägt), so geräth diese in Schwingungen, wodurch die Pression beider Kohlen gegeneinander variirt wird, was Stromschwankungen und schließlich homologe Vibrationen der Metallplatte des zweiten Apparats bedingt. Schaltet man statt des zweiten Mikrophons ein Bell'sches Hörtelephon in den Kreis ein, verbindet die Schallplatte des Telephonmundstückes mit einem 10—12 *cm* langen Stäbchen, bringt das freie knopfförmige Ende desselben an die Zähne, so kann man selbst bei vollkommen verschlossenen Ohren die Stimme

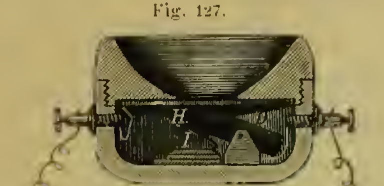


Fig. 127.

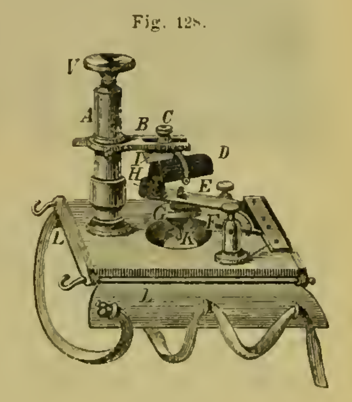


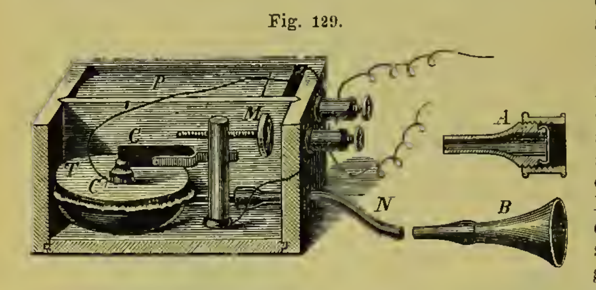
Fig. 128.

des Sprechenden durch die Leitung der Kopfknochen ganz deutlich hören. Boudet hat auf diese Weise Taubstummen, bei denen der Gehörnerv noch nicht vollkommen unempfindlich geworden, zu wiederholtenmalen das Vergnügen, Gesang- und Musikpiècen zu hören, bereitet. (Elektrisches Audiphon). Größere Bedeutung könnte diese Anordnung für Schwerhörige erhalten. Wird statt eines knopfförmigen ein seitlich abgebogenes spitz endendes Stäbchen mit dem Bell'schen Telephon verbunden, so kann man mit Hilfe dieser Spitze die Schallimpulse auch auf einer berussten rotirenden Trommel graphisch darstellen. Durch Application des Mikrophonempfängers an verschiedene Partien des Halses (z. B. an die cart. thyreoidea) konnte Dr. Boudet nach den Anomalien der erhaltenen Inscriptionen das Vorhandensein und die Lage von pathologischen Processen, z. B. gewissen Kehlkopfkrankheiten, Aortaaneurysmen mit Compression des N. recurrens, Larynxtumoren etc., die sonst durch kein anderes Symptom ihrer Lage nach zu diagnosticiren waren, noch erkennen.

Boudet's Sphygmophon (Fig. 128) wird durch die Bänder *L* am Handgelenk so befestigt, dass der Knopf *K* ober der pulsirenden Radialarterie zu liegen kommt. Durch die Schraube *G* wird der Druck der Metallfeder *E* gegen den Untersuchungsknopf *K* regulirt; *E* trägt die fixe Kohle *H*, gegen welche durch die Papierfeder *I* die bewegliche Kohle *D* gedrückt wird, welcher Contact durch den an die Säule *A* verschiebbaren Schlitten *B* und die Mikrometerschrauben *V* und *C* regulirt werden kann. Werden die Klemmschrauben nebst einem Bell'schen Telephon in den Kreis einer kleinen Säule eingeschaltet, so kann man bei einiger Übung den Rhythmus der Pulsschläge von den intraarteriellen Geräuschen genau unterscheiden. Das erste einschlägige Instrument hat Dr. Richardson nach seinen Angaben anfertigen lassen und die mit demselben erzielten Resultate in „The Lancet" (25. October 1879, pag. 617) veröffentlicht. Viele Ärzte (u. A. die DDr. Cuttriss in England, Van Ermeugem in Belgien, Dumont, Gellé, Giboux, Spillmann und Boudet in Frankreich etc.) haben derartige Mikrophonapparate zur Auscultation des Herzens, der Lungen, der Muskelgeräusche etc. verwendet. Nach dem Principe des Morse'schen Tasters hat Stein ein Sphygmophon construirt, welches indes nur den Rhythmus des Pulses aber nicht intraarterielle oder intravenöse Geräusche überträgt. Um außer an der Radialarterie auch noch an andern Gefäßen auscultiren zu können, hat Dr. Boudet ein Übertragungsmikrophon angegeben, das sammt der Stromesquelle *P* in einer

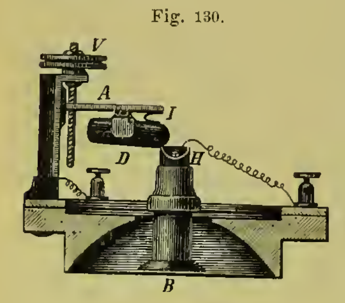
Holzcassette (Fig. 129) unterbracht ist. Die fixe Kohle C ruht auf einer über einer kleinen Metalltrommel gespannten elastischen Membran T und der Contact der beweglichen Kohle C wird hier durch eine Stahlfeder und eine Magnetschraube M regulirt. Ein sthetoskopartiges Ansatzstück B oder (wenn man den Einfluss gewisser mechanischer Störungen beseitigen will, ein mit einer Membran verschlossenes Ansatzstück) A, wird mittels des Kautschuckschlauches N mit der Metalltrommel verbunden und überträgt, auf ein Gefäß, die Herzgegend, einen Muskel etc. applicirt, die daselbst empfangenen Erschütterungen auf die Membrau T, die in einem mit den Polklemmen in den Kreis einer kleinen Batterie eingeschalteten Bell'schen Telephon in entsprechende Geräusche umgesetzt werden. Mit Hilfe dieses Apparats, der alle übrigen medicinischen Mikrophonapparate ersetzen kann, hat Dr. Boudet im Verein mit Dr. Debove nachgewiesen, dass der zweite Cruralton bei Insufficienz der Aorta ein ausgebreitetes Geräusch sei und dem diastolischen Herzton entspreche (und nicht, wie anderwärts angenommen, durch das Rückströmen des Blutes gegen das Herz oder durch Umwandlung des zweiteu Schlages des dierotisehen Pulses in ein Geräusch entstehe). Bei Auscultation von Aneurysmen, wo absolut keine Pulsation mehr tastbar war, leistete dieser Apparat auch noch gute Dienste etc. etc. Betreff weiterer Angaben über die klinisehe Verwertung dieses Apparats verweise ich auf meinen Bericht über „Die Medicin auf der Wiener elektrischen Ausstellung 1883".[1])

Fig. 129.



Speciell zur Untersuchung der Muskelgeräusche hat Boudet das Myophon (Fig. 130) construirt. Die Metallplatte eines Telephonmundstückes ist hier durch eine Pergamentmembran ersetzt, welche in ihrem Centrum nach abwärts einen Untersuchungsknopf B, nach oben die fixe Kohle H trägt, auf welcher das bewegliche Kohlenstückchen D ruht, deren Contact durch die Papierfeder I und die Mikrometerschraube V regulirt werden kann. Werden die Polklemmen nebst einem Bell'schen Telephon in den Kreis einer kleinen Batterie geschaltet, und der Untersuchungsknopf auf einen Muskel aufgesetzt, so nimmt man im Telephon eigenthümliche, leicht unterscheidbare Töne und Geräusche wahr, die nach Rhythmus, Tonhöhe und Intensität verschieden sind, je nachdem man eine größere Muskelmasse im Zustande der Ruhe oder während der willkürlichen oder infolge mechanischer oder elektrischer Reizung stattfindenden Contraction untersucht. An ruhigen Muskeln nimmt man ein continuirliches, dumpfes, rollendes Geräusch wahr, das dem normalen Muskeltonus entspricht, bei willkürlicher Contraction wird der Ton heller höher und intensiver. In pathologischen Fällen erfahren diese Geräusche und Töne verschiedene Abänderungen. Gelähmte Muskeln geben abgeschwächte oder gar keine Gehörssensationen. Große Dienste leistet dieser Apparat bei intermittirenden pathologischen Muskelcontractionen und konnte Dr. Boudet mit Hilfe desselben nicht nur verschiedene Erkrankungsformen, sondern auch deren Grade genau unterscheiden; so z. B. sind die Muskelgeräusche bei hysterischen Lähmungen, bei progr. Muskelatrophie, bei Tabes etc. gänzlich verschieden und gewöhnt sich das Ohr bald an diese Unterschiede, so dass das Myophon selbst zu Differentialdiagnosen verwendet werden kann. Nähere Angaben über diese Apparate sind in Dr. Boudet's größerem Werke „Über die Application des Telephons und Mikrophons in der Heilkunde" und einer Abhandlung über diesen Gegenstand in der Revue de médecine (October 1881) nachzulesen.

Fig. 130.

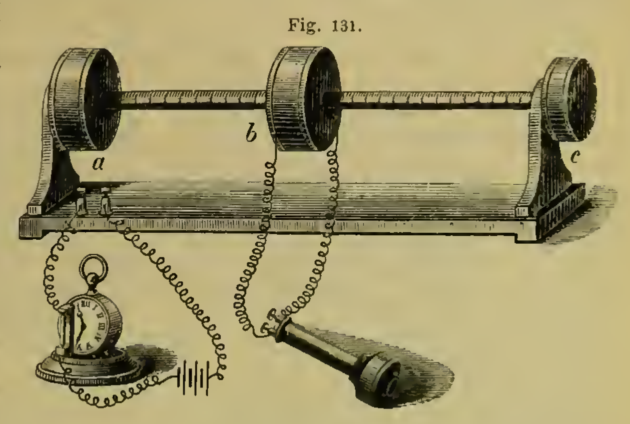


Ein anderer mikrotelephonischer Apparat, Professor Hughes' Sonometer (Fig. 131) dient zur Messung der Gehörsschärfe, um diese nach einer gewählten Scala analog der Sehschärfe und Sehweite mathematisch bestimmen zu können. An einem entsprechenden Stative sind die Rollen a (von 100 m Drahtlänge) und c (von 9 m

[1]) Wr. med. Presse 1883 und 1884, S. A. pag. 23 und 24.

Drahtlänge) 20 *cm* von einander entfernt, unverrückbar befestigt und zwischen ihnen die Rolle *b* (ebenfalls von 100 *m* Drahtlänge) zum Verschieben eingerichtet. Durch die Windungen der beiden fixen Drahtspulen, sowie durch ein (auf dem Sockel einer Pendeluhr oder eines eigens zu diesem Zwecke gefertigten Selbstunterbrechers) aufgestelltes Mikrophon kreist der Strom einer aus einigen Daniell- oder Leclanché-Elementen bestehenden Batterie. Das Ticken der Uhr oder das Geräusch des Unterbrechers erzeugt durch Beeinflussung des Mikrophons eine Veränderung in der Intensität des die fixen Rollen durchfließenden Stromes, wodurch in der Rolle *b* Momentanströme inducirt werden, die sich in dem mit ihren Drahtenden verbundenen Bell'schen Hörtelephon in entsprechende Geräusche umsetzen. Wegen der entgegengesetzt gerichteten Windungen der beiden fixen Rollen werden auch die von ihnen in der Rolle *b* inducirten Ströme entgegengesetzt sein und sich bei einer gewissen Stellung der Rolle *b* aufheben, wo dann im Telephon keine Geräusche wahrnehmbar sein werden. Diese Stelle bezeichnete Hughes mit Null und theilte den Abstand bis zur Rolle *a* in 200 Theile. Verschiebt man die Rolle von Null gegen *a*, so hört man die Geräusche immer stärker und stärker. Das Minimum der Gehörswahrnehmung wird durch den Stand der Rolle *b* ausgedrückt; hört jemand selbst dann, wenn diese auf 200 steht, noch nichts, so kann er als absolut taub angesehen werden. Dr. Boudet hat ein diesem Apparate ähnliches Instrument construirt, das aus zwei ganz gleichen Halbrollen von entgegengesetzt gerichteten Windungen besteht, die zu einer Primärrolle verbunden, eine secundäre Rolle umgeben. Diese Primärrolle, ein Rheostat und ein Mikrophon werden in den Kreis einer kleinen Batterie geschaltet, die Drahtenden der secundären Spule dagegen mit einem Bell'schen Telephon verbunden. Steht der Rheostat auf Null, so neutralisiren die beiden primären Halbrollen (wegen ihrer entgegengesetzten Windung) einander und man hört im Telephon nichts; wird ein Widerstand jedoch im Rheostat eingeschaltet, so werden Geräusche im Telephon wahrgenommen, deren Intensität den eingeschalteten Widerstandseinheiten entspricht. Statt eines Telephons hat Dr. Boudet mit den Enden der secundären centralen Rolle auch Excitatoren verbunden, und diesen Apparat sodann zur Bestimmung der Muskel- und Nervenerregbarkeit verwendet. Nach einer von Boudet angegebenen Methode lassen sich auch die benützten Stromwerte ganz genau berechnen. Stabsarzt Dr. Preusse in Berlin hat eine Mikrotelephonschaltung zur Erkennung einseitiger Taubheit angegeben, die ich in meiner „Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde“, pag. 395, Fig. 92 abgebildet und beschrieben habe.

Fig. 131.



Thompson, Maas, Chardin und Prayer construirten sogenannte Explorativtelephone, das sind Sonden, in deren Handgriff ein Mikrophon sich befindet. Klebt man auf eine Holzunterlage verschiedene Substanzen, wie z. B. Seide, Wolle, Papier, Leinwand, Metall, Knochen, Glas, Holz etc. auf und fährt mit dem Ende der Chardin'schen Sonde darüber, so kann man bei einiger Übung aus den im Telephon auftretenden Geräuschen den eben berührten Stoff erkennen. Auch in die Ohröffnung eines Sthetoskops wurde das Mikrophon verlegt (Ladendorf, Stein), und so sehr empfindliche Sthetoskope, sogenannte Phonoskope hergestellt.

Ein anderer mikrotelephonischer Apparat, die sogenannte Inductionswage nach Prof. Hughes[1]) dient zur Bestimmung der Lage in den menschlichen Körper eingedrungener Metallprojectile. Zu ähnlichen Zwecken dienen übrigens noch eine ganze Reihe elektrischer Projectilsucher, die ich in einem eigenen Capitel, pag. 365—377, in

[1]) Von mir beschrieben in meiner „Elektrotechnik in der prakt. Heilk., pag. 372, Fig. 95, und in meinem Berichte über die Wr. elektr. Ausstellung 1883 in der Wr. med. Presse, S. A., pag. 18, Fig. 5.

meiner Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde besprochen habe. Sie basiren zumeist darauf, dass eine Sonde, die zwei voneinander isolirte und mit ihren Spitzen hervorragende Leitungsdrähte einschließt, in den Schußcanal eingeführt wird. Die Enden dieser Leitungsdrähte stehen mit einer kleinen Batterie in Verbindung, in deren Stromkreis überdies noch ein Inductionsapparat oder ein Läutwerk oder ein Galvanometer als Indicator sich befindet. Berühren die metallischen Enden der Leitungsdrähte ein Metallstück, so wird der Stromkreis geschlossen und am Indicator entsprechend angezeigt. (Favre, Fontaine, Neudörfer, Graham Bell, Leiter, Wilde, Trouvé etc.)

Das Arnheim'sche Thermo-Elektroskop.[1])

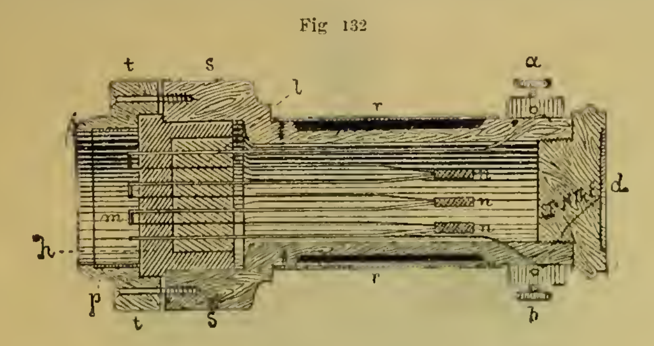
In der von Frerichs und Leyden herausgegebenen Zeitschrift f. klin. Med., Bd. V, Heft 3, suchte Dr. F. Arnheim in St. Petersburg nachzuweisen, dass zur klaren Einsicht in die Ursachen der Erhöhung der Eigenwärme im Fieber es nothwendig sei, beide Factoren, von denen in physiologischen Verhältnissen die Constanz der Eigenwärme abhängt, zu berücksichtigen, also nicht nur die Wärmeproduction, sondern auch die Wärmeverluste. Seine diesbezüglichen Studien zeigten, dass an örtlich verschiedenen, jedoch gleich großen Oberflächen des gesunden menschlichen Körpers verschiedene Wärmemengen ausgestrahlt werden. Von besonderem Interesse ist der Nachweis Arnheim's, dass bei verschiedenen Krankheitsformen die Wärmedurchlässigkeit der Epidermis ganz wesentlichen Modificationen unterworfen sei: so ist z. B. bei Variola die ausgestrahlte Wärmemenge pro Flächeneinheit geringer, als unter normalen Verhältnissen, obwohl gleichzeitig die Körpertemperatur erheblich zunimmt. Um einerseits solche Verhältnisse einem eingehenden Studium zu unterwerfen und um hauptsächlich die so erkannten Thatsachen auch zu diagnostischen Zwecken benützen zu können, hat Dr. Arnheim (in Erwägung des Umstandes, dass man beim Studium der Schwankungen der Wärmeabgabe es meist mit sehr kleinen Temperaturunterschieden zu thun hat) die thermo-elektrische Methode gewählt. Diese besteht in der Verwendung einer entsprechenden Thermosäule als Manipulator und eines zugehörigen Galvanometers als Indicator. Um die Zeit der Erwärmung der Thermosäule möglichst abzukürzen und doch noch hinreichende Stromstärken zu erhalten, benutzte Arnheim eine 40paarige Thermokette aus Eisen und Neusilberdrähten, da bekanntlich diese Metalle in der thermo-elektrischen Spannungsreihe sehr weit auseinanderstehen. Das früher von Arnheim gebrauchte Galvanometer [2]) eignet sich indes nur für die Verwendung in Kliniken und Spitälern; um diese Methode jedoch auch der praktischen Benützung weiterer Kreise zugänglich zu machen, ließ Arnheim in den rühmlichst bekannten Werkstätten Dr. M. Th. Edelmann's in München die Thermokette und das zugehörige Galvanometer leichttransportabel fertigen, welche Aufgabe Edelmann mit größter Präcision gelöst hat.

Die von letzterem ausgeführte Thermosäule ist in Fig. 132 dargestellt. An die Klemmschraube *a* ist ein Neusilberdraht gelöthet, welcher doppelt contourirt im Innern des Apparats nach links verläuft; an seinem rechtwinkelig abgebogenen Ende ist ein Eisendraht ebenfalls rechtwinkelig abgebogen, gelöthet, welcher einfach contourirt bis

[1]) Cfr.: Prof. Dr. R. Lewandowski, Die Elektricität im Dienste der Körperwärmebestimmung, Wr. med. Presse 1886, Nr. 36, 37 u. 38, sowie: Ein neues Thermo-elektroskop zur Bestimmung der Wärmeausstrahlung seitens der Körperoberfläche des Menschen. Ztschr. für Elektrotechnik, Wien 1885, Heft X. — [2]) Zeitschr. f. klin. Med., Bd. V, H. 3.

n zurückgeht; hieran ist wieder ein Neusilberdraht gelöthet, welcher abermals nach links verläuft, hier an einen zweiten Eisendraht gelöthet ist u. s. f., der 40. Eisendraht ist schließlich an die Polklemme *b* gelöthet. Alle 80 Drähte sind gegeneinander bis auf die Löthstellen wohl isolirt, die unpaarigen Löthstellen bei *m* berusst, die paarigen bei *n* mit kurzen Kautschukschläuchen überzogen. Sobald die Löthstellen der einen Seite gegen jene der andern Seite eine Temperaturdifferenz aufweisen, entsteht sofort ein thermoelektrischer Strom, der bei den Klemmen *a* und *b* abgeleitet werden kann. Die Intensität des aus einer solchen Thermosäule kommenden Stromes ist innerhalb der hier in Betracht zu ziehenden Temperaturgrenzen und unter

Fig 132

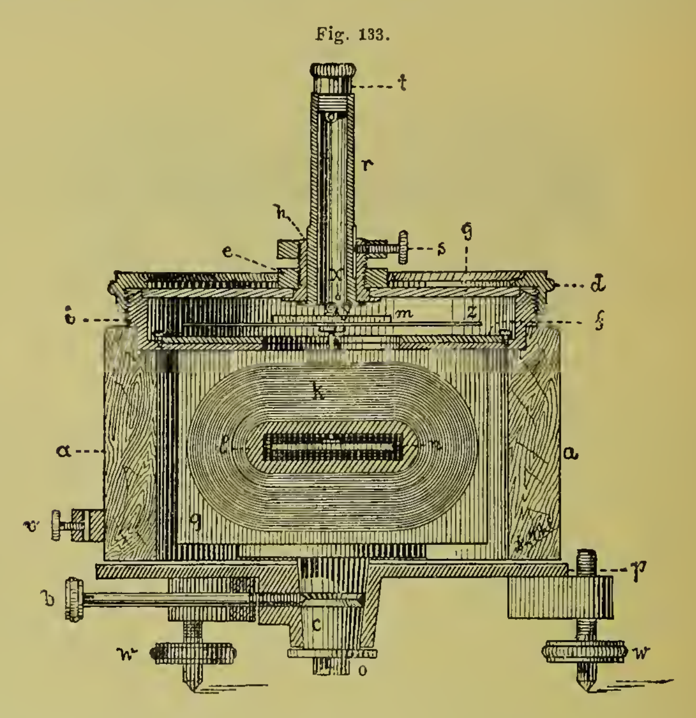


sonst gleichen Umständen (Widerständen) dem Wärmeunterschiede der beiden vorerwähnten Seiten *m* und *n* proportional. Damit nun diese Thermosäule gegen unbeabsichtigte Erwärmung geschützt sei, wurde sie in der Hartgummibüchse *h* mit Paraffin eingegossen, so dass nur die Löthstellen *m* hervorstehen und im übrigen in der Holzbüchse *ts* geborgen, welche mit dem Deckel *d* verschraubt wird. An jenen Stellen, an denen man die Thermosäule (die äußerlich einem Hörtelephon ähnlich sieht) anfasst, ist die Holzbüchse außerdem noch mit einem hohlliegenden Metallrohre *r* überzogen. Bei *m* werden die 40 freiliegenden (berussten) Löthstellen von einem etwa 15 *mm* hohen cylindrischen Holzrande *p* überragt, der auf die zu untersuchende Hautfläche aufgedrückt, 10 cm^2 derselben abgrenzt und die directe Berührung des Körpers mit den Löthstellen verhindert, so dass letztere nur durch Bestrahlung seitens der ihnen gegenüberliegenden Epidermis erwärmt werden können. Den Strom, welcher hiedurch erzielt wird, leitet man mittels zweier, etwa millimeterdicker, wohlisolirter Kupferdrähte zu dem zugehörigen Galvanometer, welches in Fig. 133 dargestellt, äußerlich dem pag. 159 beschriebenen Edelmann'schen Einheitsgalvanometer gleich sieht. Der durch die, um einen parallelopipedischen Kupferrahmen *l* gewickelten Drähte *k* fließende Strom wirkt auf das astatische Nadelpaar *m* (über) und *n* (innerhalb der Windungen) ablenkend ein. Beide Magnetnadeln sind untereinander fest verbunden, entgegengesetzt gerichtet magnetisirt, mit dem Zeiger *z* versehen, der über der auf der Platte *f* angebrachten Theilung schwingt (was man durch die Glasplatte *g* beobachten und ablesen kann) und an einem Coconfaden bei *t* aufgehangen. Diese Suspensionsvorrichtung bei *t*, die Verschiebbarkeit der Röhre *r* innerhalb der Büchse *h*, die Arretirungsmöglichkeit des astatischen Nadelpaars bei *y* gegen die Platte *f* mittels der Schraube *s* für den Fall des Transportes, das Äußere und die Größe dieses Galvanometers, seine Montirung innerhalb der Mahagonibüchse *a* und auf dem Dreifuße *pw* vermittels des conischen Zapfens *co* ist ebenso, wie bei dem pag. 159 (Fig. 34) abgebildeten Edelmann'schen Einheitsgalvanometer. Dieses Galvanometer, die Thermosäule, Kupferdrähte und anderes Zubehör sind in einem leichten Holzkästchen von 29 × 22 × 19 *cm* untergebracht.

Soll dies Instrument benützt werden, so wird es, wie pag. 160 angegeben, auf einer soliden Unterlage unter der Controle einer Libelle horizontal aufgestellt, das Nadelpaar beweglich gemacht, der Zeiger auf Null eingestellt und sodann durch die beiden erwähnten Kupferdrähte mit der Thermokette verbunden. Hiebei wird sich fast jedesmal ein Ausschlag am Galvanometer zeigen, da durch irgend welche Zufälligkeiten die beiden Seiten der Thermosäule ungleich erwärmt sein werden. Man schraubt nunmehr den Deckel *d* Fig. 132 ab, legt diesen und die Säule (nahe beisammen) horizontal auf ein mehrfach zusammengelegtes Tuch, bedeckt dieselben auch mit einem solchen und wartet, bis der Zeiger des Galvanometers auf Null zurückkehrt. Hierauf schraubt man den Deckel *d* vorsichtig fest (wobei das Galvanometer keinen neuen oder doch nur einen sehr kleinen Ausschlag zeigen

darf) und setzt die Öffnung *h* jetzt auf die zu untersuchende Fläche mit mäßigem Drucke auf. Sofort wird der Zeiger des Galvanometers auszuschlagen beginnen und sich umso weiter von Null entferneu, je länger man die Säule bestrahlt werden lässt. Man beobachtet den Ausschlag des Zeigers immer genau eine (etc.) Min. nach dem Aufsetzen der Sänle unter Zuhilfenahme einer guten Secundenuhr. Die zu untersuchende Hautstelle wird vor jedem Versuche durch Bedecken mit wollenen Tüchern etc. vor zufälligen äußern Erwärmungen oder Abkühlungen einige Zeit hindurch geschützt und erst im Angenblicke des Versuchs bloßgelegt. Vor jedem neuen Versuche muss die Thermobatterie

Fig. 133.



nnter ihren Tüchern solange verweileu, bis ihre Erwärmung wieder verschwunden ist. Die Theilung auf dem Galvanometer ist nicht in Winkelgraden ausgeführt, sondern nach Stromstärken, so dass man bei allen Ablesungen, die nach gleicher Zeitdauer der Bestrahlung (also z. B. nach einer Min.) stattfandeu, directe Proportionalen zu den ausgestrahlten Wärmemengen erhält. Bei einer Temperaturdifferenz der beiderseitigen Löthstellen der Thermosäule von 1° C. gibt das Galvanometer einen Ausschlag von 30° seiner Eintheilung, was die hohe Empfindlichkeit dieses Instrumentes veranschaulicht.

Nach diesem Principe ließe sich auch leicht ein äußerst empfiudliches Thermoskop zur directen Messung der Körpertemperatur herstellen.

III. ABTHEILUNG.

Elektrotherapie.

Elektrotherapie bedeutet — im weitesten Sinne — jedwede Anwendung der Elektricität zu therapeutischen Zwecken. Sie umfasst einerseits die directe Application der Elektricität an die Oberfläche des unverletzten Organismus (Elektrotherapie im engern Sinne), andrerseits die Anwendung der chem. Wirkungen des Stroms bei Einleitung desselben in die Gewebe (Elektrolyse), sowie endlich die Verwendung mittels Elektricität glühend gemachter Platinkörper in der Chirurgie (Galvanokaustik).

In den nachfolgenden Blättern soll vorzugsweise die Anwendung der Elektricität auf den unverletzten Organismus, d. h. die Elektrotherapie im engeren Sinne ihre Erörterung finden, und die Elektrolyse und Galvanokaustik, die heutzutage specielle Gebiete der Chirurgie ausmachen, nur in aller Kürze in ihren Hauptzügen berührt werden.

Historisches.[1]) Die ersten Anwendungen der Elektricität in der Heilkunde datiren bis in das Zeitalter der Sage, der zufolge bereits vor Jahrtausenden Negerfrauen ihre kranken Kinder in Wassertümpeln badeten, in denen sich elektrische Fische aufhielten. Im Jahre 31 (n. Chr.) heilte Scribonius Largus Kopfweh durch directe Application des Zitterrochens und verordnete gegen Podagra Fussbäder in Wasser, worin sich der Zitterrochen befand. Weitere diesbezügliche Berichte finden wir noch bei Plinius, Hippokrates, Galen und Dioskorides.

Die erste bewusste Verwertung der Elektricität in der Heilkunde datirt jedoch erst seit dem Bekanntwerden der Reibungs-Elektrisirmaschine und der Kleist'schen Flasche. Schon 1730 experimentirten Grey und Dufay mit der Elektricität am Menschen; 1743 gab Prof. Krüger zu Halle eine Methode zur medicinischen Verwertung des Entladungsfunkens an, in deren Befolgung Dr. Kratzenstein in Halle und Prof. Quellmalz in Leipzig 1744 als die Ersten alte Lähmungen mittels Elektricität erfolgreich behandelten. 1746 heilte Klyn eine seit zwei Jahren gelähmte Frau und um dieselbe Zeit der Chorherr und Pfarrer zu Prenditz, Dr. Prokop Diwisch (1693—1765), als der erste österreichische Elektrotherapeut, alte Lähmungen mittels Elektricität.[2]) Einen glänzenden Erfolg erzielte Jallabert (Professor der Mathematik zu Genf) 1747 an dem seit 15 Jahren an einer Paralyse des rechten Armes leidenden Schlossermeister Noguès durch die von einem günstigen Resultate gefolgte localisirte elektrische Behandlung der einzelnen Muskeln und Muskelgruppen des erkrankten Armes, wodurch die Function desselben vollständig

[1]) Aus Raummangel kann hier nur ein ganz aphoristischer Abriss der Geschichte der Elektrotherapie aufgenommen werden, und verweise ich diesbezüglich auf meine einschlägigen Publicationen, als: „Compendium der Elektrotherapie" als X. (von pag. 493 bis 618 reichende) Abhandlung des 1875 bei Perles in Wien erschienenen Compendiums der neueren medicinischen Wissenschaften von Dr. B. Kraus, pag. 495—502; ferner: „Die erste und älteste praktische Anwendung der Elektricität in der Heilkunde, historische Skizze" in Hartleben's „Internationaler Zeitschrift für die elektrische Ausstellung in Wien 1883", S. A. pag. 1—13; sodann die historische Skizze in der Monographie „Über die Anwendung der Galvanokaustik in der praktischen Heilkunde", Wiener Klinik, Heft 8 und 9 ex 1886, pag. 202—204.

[2]) Nach Prof. Albert. Wiener med. Presse, 1883. Nr. 12.

wiederhergestellt wurde, so dass der genannte Schlossermeister wieder in seiner Werkstätte arbeiten konnte. Aus dieser Zeit wären noch zu erwähnen Sauvages (von Linné ermuntert), sodann der Abbé Nollet und die 1747 durch Pivati (Jurist zu Venedig) eingeführte Intonocatura (cfr. pag. 258). 1750 erkannte Jallabert zuerst, dass durch Einwirkung der Elektricität die Muskeln zur Contraction gebracht werden können. Weitere Erfolge wurden noch berichtet 1751 von Bohadsch (bei Hemiplegie), 1753 von Zindult (bei Epilepsie) etc. 1755 erzielte de Haën im Wiener Krankenhause bei verschiedenen Krankheiten günstige Resultate.

Außer den Genannten beschäftigten sich u. a. noch folgende mit diesem Gegenstande: Ackermann, Baker, v. Barneweld, Bertholon de St. Lazare, Böckmann, Brydone, Cavallo, Cazelles, Deimann, Hartmann, Krünitz, Kühn, Langenbucher, Ledru Vater und Sohn, Lovet, Manduyt, Nairne, Nebel, Partington, Abbé Sans, Speugler, Schäffer, Sociu, Struve, v. Troostwick, Watson, Weber, Weidemann, Wesley, Wilkinson etc.

Aus dieser Zeit rühren zahlreiche wertvolle Beobachtungen und interessante Publicationen. So sei hier nur die 1760 vom Weltpriester zu Worcester, Lovet, gemachte Beobachtung erwähnt, dass die gelinde elektrische Behandlung der forcirten mit hohen Spannungen vorzuziehen sei. Er machte auch direct die letztere für die zahlreichen negativen Erfolge verantwortlich und sprach den Grundsatz aus, dass analoge Fälle nicht schablonenhaft behandelt werden dürfen, sondern dass jeder Fall speciell zu berücksichtigen sei. Das erste umfassende Werk über den einschlägigen Gegenstand rührte vom Abbé Sans her. Des Ferneren sind die Arbeiten von Cavallo, Bertholon de St. Lazare etc. zu erwähnen, die auch ins Deutsche übersetzt und weiters bearbeitet wurden. 1773 und 1778 erstattete Mauduyt über die mittels Elektricität zu erzielenden Heilerfolge enthusiastische und vielversprechende Berichte u. s. f.

Eine neue Ära für die Elektrotherapie begann mit der Entdeckung des Galvanismus 1791 und dem Bekanntwerden der Volta'schen Säule. 1792 verwendeten Behrend, Hufeland, Creve, Sömmering, Klein und Valli den Galvanismus bei Asphyctischen und gaben den N. phren. als Applicationsstelle des galvanischen Reizes an; 1793 benutzten Hufeland, Humboldt, Pfaff und Reil den galvanischen Strom zur Behandlung von Paralysen.

Den ersten Anfang wissenschaftlicher Forschung auf dem Gebiete der Elektrotherapie bildet A. v. Humboldt's vielgenanntes Werk: „Über die gereizte Muskelfaser." Um diese Zeit erzielten Loder und Bischof in Jena, Grapengiesser, Lichtenstein und Hers in Berlin, Heller in Paris, Schaub in Cassel etc. staunenswerte Erfolge bei Behandlung verschiedentlicher Krankheiten mittels des galvanischen Stromes; Eschke und Schwab wendeten ihn bei Schwerhörigkeit, Gentili und Palazzi bei Melancholie, Augustin bei Paralysen erfolgreich an etc. Viele Schriften dieser Zeit übertrieben jedoch die mittels Elektricität zu erzielenden Heilerfolge und stellten dieses Agens als Panacee für alle nur denkbaren Leiden hin, was die Glaubwürdigkeit galvanischer Curen bedeutend erschütterte und zu einem Verfalle der Elektrotherapie führte, dem G. F. Most's Werk: „Über die Heilwirkungen des in unseren Tagen mit Unrecht vernachlässigten Galvanismus, Lüneburg 1823" auch nicht zu steuern vermochte.

1823 lösten Prevost und Dumas an lebenden Thieren mittels Elektricität Harnsteine auf. Mit demselben Gegenstande beschäftigten sich 1842 Douné, 1847 Philipps, 1848 Melicher etc. An diese Versuche schließen sich Experimente, mittels hydro-elektrischer Bäder Gifte aus dem menschlichen Körper zu entfernen (Pravaz 1829, Vergues und Poey 1855, Meding 1856 etc.). 1825 führte Sarlandière zur Behandlung tiefer gelegener Partien die Elektropunktur ein, der bald darauf die Galvanopunktur folgte, mittels welcher Magendie bei Paralysen und Neurosen Erfolge erzielte. 1831 hat Guérard, Pravaz und Leroy d'Etiolles vorgeschlagen, Aneurysmen mittels Galvanopunktur zu behandeln, nachdem Scudamore auf diesem Wege zuerst Blut zur Coagulation gebracht hatte. Wirklich ausgeführt wurde diese Operation zuerst 1832 von B. Philipps, sodann von Liston, Schuster, Ciniselli, Pétrequin, Bucci, Bertani und Milani etc. Radford, Simpson, Franz, Cleveland, Hougthon, Barnes, Mackenzie, Tripier, St. Germain etc. benutzten zuerst die Elektricität in der Geburtshilfe; 1839 begann Crusell seine Untersuchungen über die Elektrolyse thierischer Gewebe und publicirte 1847 seine Wundbehandlungsmethode mittels des galvanischen Stromes. 1852 hat Ciniselli zuerst die Grundgesetze der Elektrolyse organischer Gewebe studirt. 1843 empfahl der Münchner Physiker Steinheil die spitz zusammengebogenen, mittels des galvanischen Stromes in Weißgluth versetzte Platinschlinge zur Abtödtung der Pulpa cariöser Zähne

und gab die entsprechenden Apparate an, mittels deren der Zahnarzt Heider in Wien im Juli 1845 diese Operation zum erstenmale ausführte. Dies die ersten Anfänge der Galvano-Chirurgie (Elektrolyse und Galvanokaustik).

Einen bedeutenden Aufschwung nahm die Elektrotherapie nach dem Bekanntwerden der Volta- und Magneto-Inductionsapparate 1832. Die prompte und kräftige Einwirkung auf den Organismus, Zuverlässigkeit und Transportabilität der Apparate, sowie zahlreiche günstige Erfolge brachten es mit sich, dass die Galvanisation fast gänzlich von der Anwendung der Inductionsströme, der Faradisation verdrängt wurde. Der wesentlichste Fortschritt knüpft sich indessen an den Namen von Duchenne de Boulogne, der, wie pag. 265 angegeben, die localisirte Faradisation einführte und so die Grundlage für unsere heutige Elektrodiagnostik und Elektrotherapie schuf. Pag. 265 wurde auch der wissenschaftlichen Arbeiten Duchenne's und der Verdienste Erdmann's gedacht. Neben diesen zweien sind noch als hervorragende Vertreter dieser Richtung zu nennen: Marshall Hall, Golding Bird, Froriep, M. Meyer, Baierlacher, Althaus, Schulz etc. Zu gleicher Zeit begründete R. Remak in Berlin die localisirte Galvanisation und führte neuerdings den galvanischen Strom als Heilagens ein. Seine Gegnerschaft Duchenne de Boulogne gegenüber, sein allzu großer Enthusiasmus für eine zu jenen Zeiten noch sehr misstrauisch aufgenommene Sache, sowie seine allzu gewagten Schlussfolgerungen schufen ihm viele Gegner und Feinde, die dem in seltener Weise begabten und für die Fortentwicklung der Elektrotherapie, zumal der Galvanotherapie höchst verdienten Forscher viele bittere Stunden und manche Enttäuschungen verursachten. Erst einer späteren Generation war es vorbehalten, den Wert und die Bedeutung dieses Mannes voll und nach Gebühr zu würdigen. 1858 publicirte er seine „Galvanotherapie der Muskel- und Nervenkrankheiten" und nebst vielen anderen kleineren Schriften kurz vor seinem leider allzu früh schon 1865 erfolgten Tode noch eine bedeutende Arbeit in französischer Sprache: „Application du courant constant au traitement des névroses. Paris 1865", in welcher seine Anschauungen, vielfach geläutert, wiedergegeben sind. 1857 veröffentlichte v. Ziemssen sein grundlegendes, zusammenfassendes Werk: „Die Elektricität in der Medicin." Während in Deutschland Baierlacher, M. Meyer, Erdmann, Schulz u. A. als Nachfolger R. Remak's thätig waren, trat in Wien M. Benedikt als einer der eifrigsten Anhänger Remak's auf und begründete die praktische Richtung in der Elektrotherapie. Seine Elektrotherapie 1861—62 und seine Elektrotherapie und Nervenpathologie 1868 bringen eine Menge neuer Gesichtspunkte und vertreten mit Consequenz das Princip der Behandlung in loco morbi.

Zu Anfang der 50er Jahre begegnen wir den grundlegenden physiologischen Arbeiten von Dubois-Reymond, Eckhard, Pfluger etc., die entsprechenden Orts pag. 232, dann 236—240 bereits gewürdigt wurden.

1862 beginnt mit dem Auftreten Brenner's eine neue Epoche in der Elektrotherapie; wie pag. 261 dargethan, begründete er die polare Methode, die Grundlage unserer heutigen Elektrodiagnostik, führte eine präcise Nomenclatur ein und legte in seinen pag. 262 ausgeführten classischen Arbeiten eine Fülle mit deutscher Gründlichkeit durchgearbeiteten wissenschaftlichen Materials nieder. Um diese Zeit wendeten sich u. A. der Elektrotherapie zu: Erb, Hitzig, A. Eulenburg, Seeligmüller, Burckhardt, Filehne, O. Berger, Chvostek, Bernhardt, C. W. Müller, E. Remak (R Remak's Sohn), G. Fischer etc. Während die Genannten nebst vielen hundert Anderen das Gebäude der Elektrotherapie ausbauen halfen, wurde in den letzten dritthalb Decennien die Elektrodiagnostik begründet, u. zw. hauptsächlich durch das nach allen Richtungen bis ins Detail durchgeführte Studium der EaR. (cfr. pag. 289 ff., wo auch die Verdienste der hiebei Betheiligten ihre Würdigung fanden). Der letzte Fortschritt in der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie knüpft sich an die Einführung des absoluten Galvanometers, der mathematisch zu präcisirenden Stromdichte und des Princips der Anwendung schwacher Ströme, in welcher Beziehung u. a. C. W. Müller's originelles, classisches Werk „Zur Einleitung in die Elektrotherapie, Wiesbaden 1884" grundlegend war.

Inzwischen wurde die Anwendung der Elektr. in der Chirurgie fortentwickelt und die bezüglichen Methoden weiter ausgebildet. Mit der Galvanokaustik beschäftigten sich u. A. 1849 Sedillot; 1850 John Marshall, Th. Harding, G. Waite; 1852 Hilton, Nélaton, Leroy d'Etiolles; 1853 Ellis, A. Amussat etc. Am 20. Mai 1853 führte Middeldorpf in Breslau die denkwürdige Operation eines Nasen-Rachenfibroides an einem 42jährigen Geistlichen mit Hilfe der Galvanokaustik erfolgreich aus und legte in seinem 1854 zu Breslau veröffentlichten Werke „Galvanokaustik, ein Beitrag zur operativen Medicin" die Grundlage der wissenschaftlich präcisirten einschlägigen Operationsmethoden, zeigte an zahlreichen eigenen Beobachtungen

die Anwendbarkeit und Bedeutung der Galvanokaustik, deren Nützlichkeit und unstreitige Erfolge klar darlegend, und bildete durch Einführung zweckmäßiger Apparate und Instrumente, sowie durch Begründung der Methoden die Galvanokaustik zu so hoher Vollendung aus, dass seine Nachfolger bis auf den heutigen Tag kaum etwas Wesentliches mehr hinzuzufügen hatten. Ihm gebührt das unstreitige Verdienst, die Galvanokaustik als Mittel und Methode in die Heilwissenschaft eingeführt zu haben. Zu gleicher Zeit wurde auch die Elektrolyse weiter ausgebildet und in den verschiedensten Krankheiten von zahlreichen Forschern und Praktikern erfolgreich angewendet.

1843 führte Miller in New-York die allgemeine Elektrisation ein, die dann in Amerika von Conning, Cross, Demming, Garratt, Guthrie, Page, Sherwood, Wells etc. weiter fortgebildet wurde. Bei uns kam diese Behandlungsmethode zuerst durch Dropsy in Krakau (1857) mehr in Schwung. 1863 empfahl Gubler die allgemeine Elektrisation als Tonicum und 1866 und 1867 studirten Beard und Rockwell diesen Gegenstand genau. Später beschäftigten sich mit demselben noch u. A. Benedikt, Bernhardt, Engelhorn, Erb, Eulenburg, Fr. Fischer, Holst, Lehr, Löwenfeld, Maienfisch, Möbius, Niermeijer, Rumpf, Stein, Väter v. Artens etc. In der Form der hydro-elektrischen Bäder wurden die Wirkungen der allgemeinen Elektrisation studirt und praktisch angewendet von Barth, Beard, Binswanger, Chapot-Duval, Corval, Eulenburg, Fieber, Graeber, Holst, Hutchinson, Ischewsky, Kabat, Bouillon-Lagrange, Lehr, Moretin, Murray, C. Paul, Richter, Rockwell, Rumpf, Schleicher, Schreiber, Schweig, Seeligmüller, Séré, Spanke, Stein, Stillman, Trautwein, Weisflog, Wunderlich etc.

In neuerer Zeit wird abermals die Reibungselektricität vielfach in Anwendung gezogen, so u. A. von Arthuis, Baker, Ballet, Bardel, Beard, Benedictow, Benedikt, Blackwood, Boudet de Pâris, Buzorini, Charcot, Clemens, Drosdoff, Erlenmeyer, Garratt, Holst, Jolly, Knight, Morton, Möbius, Mund, Onimus, Pierson, Richer, Rockwell, Sachs, Schwanda, Stein, Stepanow, Vallois, Vigouroux, Zimpel etc.

Unter den zusammenfassenden größeren Werken über Elektrotherapie wären u. a. außer den bereits genannten noch zu erwähnen, in Deuschland: Erdmann „Die Anwendung der Elektricität in der praktischen Medicin, 4. Aufl., 1877“; M. Meyer „Die Elektricität in ihrer Anwendung auf praktische Medicin, 4. Aufl., 1883“; Rosenthal und Bernhardt „Elektricität für Mediciner (3. Aufl.) und Elektrotherapie 1884“; v. Ziemssen „Die Elektricität in der Medicin, 5. Aufl. 1887“; Erb „Handbuch der Elektrotherapie, 2. Aufl. 1886“; Stein „Lehrbuch der allgemeinen Elektricität, 3. Aufl. 1886“; in England: Althaus „A Treatise on medical electricity 3. edit. 1873“, sowie A. de Watteville „A practical introduction to medical electricity 2. edit. 1884“; deutsch von Max Weiß, 1886, und in Frankreich: Bardet „Traité élémentaire et pratique d'électricité médicale 1884.“[1])

Allgemeine Elektrotherapie.

Dass die Elektricität, wenn richtig angewendet, in einer großen Zahl der verschiedentlichsten Erkrankungen sich als ein vorzügliches Heilagens bewährt hat, steht nach den zahlreichen therapeutischen Erfahrungen vieler hervorragender Forscher außer jedem Zweifel.

Wenn trotzdem ab und zu der Eine ohne jeden Versuch und ohne jede eigene Erfahrung stolz die Achseln zuckend, dieses in vielen Krankheiten bewährte und oft genug durch nichts anders zu ersetzende Heilmittel seinen Kranken vorenthält, der Andere hingegen mit der Anschaffung einschlägiger Apparate Alles gethan zu haben glaubt, und nun ohne gründliche physikalische, physiologische und specielle klinische Vorkenntnisse ziel- und planlos herumelektrisirt und hernach seine selbstverschuldeten Misserfolge der Heilelektricität auf's Kerbholz bringen will, so mögen sie dies mit ihrem Gewissen abthun; die Wissenschaft geht über Beide einfach zur Tagesordnung über.

Was jedoch andrerseits die zahlreichen Versuche, das Zustandekommen der Heilwirkungen der Elektricität zu erklären, anbelangt, so haben dieselben bisher noch nicht ein befriedigendes Resultat ergeben.

[1]) Betreff aller in dieser historischen Skizze aus Raummangel nicht aufgenommenen Namen sei auf die jeweiligen im Contexte vorkommenden Citate verwiesen.

Seit den ältesten Zeiten waren die Elektrotherapeuten bestrebt, das „wie die Elektr. bestimmte Krankheiten heile“ zu ergründen. Einzelne stellten Hypothesen, Andre gar Theorien auf, die auch zur Grundlage therapeutischer Systeme erhoben wurden, was wieder des öftern zu einer end- und zwecklosen Polemik Anlass gab. — das Facit jedoch ist, dass wir die Heilwirkungen der Elektricität durch keine der bisherigen Theorien allseitig zu erklären vermögen.

So suchten sich die ersten Ärzte, die die Reibungselektricität medicinisch verwerteten, die Beschleunigung der Circulation von Säftestockungen und -Stauungen aller Art durch die Elektricität in der Weise zu erklären, dass sie annahmen, dass infolge des Elektrisirens die einzelnen Theile der thierischen Säfte gleichnamig elektrisch würden, sich demnach gegenseitig abstoßen müssten, wodurch die Strömung derselben angebahnt würde. Die Anhänger der Franklin'schen Theorie (cfr. pag. 25), welche die + Elektricität durch Zunahme, die negative durch Abnahme eines und desselben Fluidums erklärten, nahmen vorerst an, dass „Elektricität“ und „Nervenfluidum“ identisch seien und folgerten dann weiter, dass die + Elektricität (als Überfluss) durch ihre bloße Gegenwart die Nerven und Muskeln stärke und deshalb bei allen Lähmungen heilsam sein müsste, die — Elektricität hingegen (als Mangel) dieselbe schwäche und daher krampfartige Krankheiten heben könnte etc.

Aber auch die späteren Theorien befriedigen nicht. So z. B. soll die Elektricität nach einer derselben nur als Reiz wirken; dies trifft jedenfalls für viele Fälle zu, erklärt aber nicht, wie ein- und derselbe Reiz in diametral entgegengesetzten Krankheitsfällen nütze. Desgleichen erklärt auch die elektrotonische Theorie nur einen Theil der Heilwirkungen der Elektricität, nämlich die modificirenden (beruhigenden, antiparalytischen, antispastischen etc.). Der empirische Standpunkt sucht die Heilwirkungen der Elektricität in ihren modificirenden, antineuralgischen (pag. 241, 246, 256), erfrischenden, recreirenden (pag. 246), lähmenden, krampfstillenden, antispastischen (pag. 247), erregenden und antiparalytischen (pag. 242), vasomotorischen (pag. 240, 241, 246, 256), secretorischen (pag. 257), trophischen (pag. 246, 260), tonisirenden (pag. 256), kataphorischen (pag. 258), resorbirenden (pag. 259, 260), elektrolytischen (pag. 259), somniferen (pag. 256) etc. Wirkungen. Hiezu gesellen sich noch die Wirkungen auf die einzelnen Organe, die durch die Elektricität zur Entfaltung ihrer normalen Functionen angeregt werden. Ein Theil der hier aufgezählten Wirkungen deckt sich mit den (pag. 260 definirten) katalytischen Wirkungen R. Remak's.

Im übrigen liegt auch gar nichts daran, wenn wir uns fallweise über die Heilwirkungen der Elektricität absolut keine Rechenschaft zu geben vermöchten; wissen wir doch ebenso wenig, wie die meisten Krankheiten entstehen, ja sogar, worin das Wesen so manchen pathologischen Processes gelegen, oder wie andere Heilmittel (z. B. Bromkalium bei Epilepsie, Jodkalium bei Syphilis, Chinin bei Wechselfieber etc.) wirken.

Was die Grundsätze für die methodische Anwendung der Heilelektr. anbelangt, so können dieselben auch nicht auf eine der pag. 260 erörterten Theorien basirt werden, sondern richten sich die Applicationsmethoden zur Hervorrufung der in den einzelnen Krankheitsfällen jeweilig indicirten Wirkungen der Elektricität ebenfalls nur auf empirisch gewonnene Thatsachen.

Die Heilwirkungen der Elektricität von der Richtungsmethode (cfr. pag. 260) abhängig machen zu wollen, fällt heut umso weniger irgend jemand mehr ein, als ja bekanntlich selbst die Physiologen bei der Erklärung der Reactionen der Nerven und Muskeln gegen den elektrischen Strom von der Richtungsmethode abgesehen und die polare Methode adoptirt haben; wenn trotzdem im Contexte mitunter Stromesrichtungen angegeben erscheinen, so soll hiedurch nur die gegenseitige Lage beider Pole in Kürze angedeutet werden.

Die polare Methode (einzig und allein anwendbar in der Elektrodiagnostik) kann auch nicht als alleinige Grundlage aller elektrotherapeutischen Applicationsweisen hingestellt werden; einerseits, weil es mitunter absolut nicht möglich ist, reine Polwirkungen zur erzielen (cfr. pag. 243 u. 264), und andererseits, weil wir in vielen Fällen gar nicht wissen, ob eine Erhöhung oder Herabsetzung der Erregbarkeit der Causalindication vollkommen genügen würde.

Hier muss constatirt werden, dass es Benedikt zuerst war, der zielbewusst die polare Methode in der Elektrodiagnostik durchführte, dagegen die Zurückführung

aller therapeutischen Methoden auf dieselbe bekämpfte. Dies wurde einst als Inconsequenz getadelt, während heutzutage selbst die eifrigsten Anhänger der polaren Methode sich (direct oder indirect) zur gleichen Anschauung bekennen.

In der Elektrotherapie wird die Reibungselektricität (cfr. p. 3), die galvanische (cfr. p. 26) und die Inductionselektricität (cfr. p. 120) zur directen Application an den menschlichen Körper benützt. Die methodische Anwendung der Reibungselektricität wird Franklinisation, die der galvanischen Galvanisation und die der Inductionselektricität Faradisation genannt.

Die **Franklinisation** bildete die ausschließliche Anwendungsart der Elektricität in der ersten Epoche bewusster Anwendnng derselben (cfr. p. 319 u. 320). In der Folge wurde sie durch die Galvanisation und später durch die Faradisation verdrängt. In der neuesten Zeit hat sie abermals zahlreiche Anhänger gefunden (cfr. p. 322), nach deren Urtheil für die Franklinisation gewisse, ganz bestimmte Indicationen bestehen und ihr ein Platz in der Elektrotherapie eingeräumt werden müsse.

Das Instrumentarium für die Franklinisation soll zum mindesten umfassen: 1. Eine gut gearbeitete Influenzmaschine, die womöglich durch einen Elektromotor in Thätigkeit gesetzt und jedenfalls während des Sommers mit einem Heizapparate versehen sein soll; 2. Einen zweckentsprechenden Isolirschemel; 3. Mit Hartgummi- oder Celluloidhandgriffen versehene, wohlisolirte Elektroden, mit kugelförmigen Elektrodenansätzen für die Application von Funken, sowie mit spitzen Elektrodenansätzen für die Application des elektrischen Windes und der Büschelentladungen; 4. Zur Application der elektrischen Douche eine dem Schädeldache entsprechende halbellipsoidische Metallschale, die in regulirbarer Entfernung oberhalb des Hauptes des Kranken isolirt aufgehängt und mit dem einen Conductor der Maschine leitend verbunden werden kann; 5. Für die Behandlung von Gehörleiden einen an einer Stirnbinde befestigten Kautschukohrtrichter, in welchem ein Metallstift ein- und ausschiebbar ist.

Die Franklinisation wird 1. in der Weise ausgeführt, dass der Kranke auf dem Isolirschemel sitzend mit positiver oder negativer Elektricität geladen wird, indem er mit dem einen Conductor in Verbindung gebracht, der andere Pol hingegen zur Erde abgeleitet wird (positive oder negative Ladung, auch allgemeine Franklinisation genannt). 2. Es wird der eine Pol zur Erde abgeleitet und der andere Pol mit einer in eine scharfe Spitze ausgehenden Elektrode armirt, dem nicht isolirten Kranken genähert, wobei die ausströmende Elektricität ihm das Gefühl des Angeblasenwerdens verursacht (elektrischer Wind oder elektrisches Luftbad), oder bei hinreichender Spannung, von der Elektrodenspitze ein leuchtender Büschel auf den Kranken übergeht (elektrischer Büschel).[1] 3. Wird in der vorigen Anordnung eine in einen Knopf ausgehende Elektrode dem Kranken genähert, so springen, je nach der Entfernung der beiden Kugeln (Conductoren) an der Influenzmaschine und im Verhältnisse zur elektrischen Spannung an derselben verschieden kräftige Funken auf den Kranken über (Funkenentladung). 4. Wird der Kranke der elektrischen Ladung ausgesetzt, so kann man mittels einer nichtarmirten (d. h. mit der Maschine in keiner Verbindung stehenden) spitzen Elektrode an jeder beliebigen Körperstelle elektrischen Wind oder Büschel und mit einer stumpf endenden Elektrode Funkenentladungen hervorrufen. 5. Clemens legt 2 wohl isolirte Drähte längs des Rückens und entladet durch dieselben eine stark geladene Kleist'sche Batterie, um, wie er meint, durch Influenz auf das Rückenmark zu wirken; die Patienten sollen bei diesen Proceduren Erschütterungen in ihren Beinen verspüren. Nach demselben Princip wendet Clemens die Franklinisation zur Behandlung gichtisch geschwellter, äußerst schmerzhafter Fingerglieder an, indem er die betreffenden Finger in eine Hohlspirale aus wohlisolirtem Draht bringt und durch diese die Funkenentladung leitet (durch welche Procedur er schmerzstillende Wirkungen erzielt zu haben behauptet). 6. Endlich wendet Clemens die Franklinisation zur Ozoninhalation z. B. bei Lungentuberculose — wie er sagt — mit günstigem Erfolge an. Hiezu wird das eine Ende eines Milchglasspeculums mittels eines Korkes verschlossen und durch diesen in das Innere des erstern eine Platinnadel und ein gegen die Spitze derselben gerichtetes Glasröhrchen geführt; durch das letztere wird ein Sauerstoffstrom geleitet und die Platinnadel mit dem negativen Pole der Influenzmaschine verbunden, der positive Pol hingegen zur Erde abgeleitet; hiedurch wird der Sauerstoff ozonisirt und soll am offenen Ende des Speculums inhalirt werden.

---

[1]) Bei der elektrischen Douche befindet sich der Kranke auf dem Isolirschemel.

Die Wirkungen der Franklinisation auf den menschlichen Körper sind verschieden, je nach der Applicationsstelle am Körper. Am intensivsten wirken Funkenentladungen, minder intensiv der elektrische Wind (Luftbad, Büschellicht) und unter sonst gleichen Umständen am wenigsten intensiv die elektrischen Ladungen (die allgemeine Franklinisation). Infolge elektrischer Ladungen gewinnt der Puls bedeutend an Lebendigkeit (Stepanow) und wird (etwa um $^1/_6$) beschleunigt (Stein). Desgleichen steigt die Körpertemperatur (Jallabert, Priestley, Didier Placé, Stein etc.); das elektrische Luftbad (der elektrische Wind) erhöht bei schwachen Strömen (geringen Spannungen) und kurzen Sitzungen die Schweiß-, Speichel- und Urinsecretion (Cavallo, Wilkinson, Mauduyt, bestätigt von Stepanow und Stein) wogegen bei längern (12—15 Minuten dauernden) Sitzungen sich die Ausdünstung an der Applicationsstelle vermindert, dagegen an andern Körperstellen vergrößert (Stepanow), die Ascensionslinie der sphygmographischen Pulscurve wird infolge des elektrischen Luftbades höher und steiler, ihr Gipfel spitziger, die Dicrotie ausgesprochener (Stepanow). Eine weitere Wirkung des elektrischen Windes ist die Beschleunigung des Blutkreislaufes und die consecutive Erhöhung der Eigenwärme des Körpers (Stein). Um dieser Erfolge willen halten Boudet, Charcot und R. Vigouroux die Wirkungen des elektrischen Luftbades gleich jenen der hydroelektrischen Bäder. Endlich sind noch zu erwähnen: Wiederkehr gestörter Menstruation, Hebung der Esslust (Stein), schlafmachende, schmerz- und krampfstillende (Benedikt, Stein, Stepanow), sowie dissolvirende Wirkungen (Stepanow). Die elektrische Douche beeinflusst, nach Benedikt, besser als irgend eine andere therapeutische Methode in eminenter Weise die Circulation innerhalb der Schädelhöhle und besonders in den Hemisphären. Dies beweist Benedikt in einem an mich gerichteten therapeutischen Briefe [1]) durch folgende Fälle: 1. Eine Dame mit vager neuralgiformer Unruhe in den Beinen verlor nach Anwendung der elektrischen Douche für mehrere Tage ihr Gedächtnis. 2. In einem anderen Falle wurde die seit längerm bestehende enorme Gedächtnisschwäche — ohne intellectueller Störung — durch die elektrische Douche — nach vergeblicher anderweitiger Medication — sofort gebessert. 3. In einem Falle von „Epileptoid unter der Form schwerer Hemicranie mit Bewusstlosigkeit und Aufregungszuständen“ wurde durch die elektrische Douche eine wesentliche Besserung, sowohl in Bezug auf Häufigkeit, wie auf Intensität und Dauer der Anfälle erzielt. Elektrische Funken rufen isolirte Contractionen (selbst gelähmter) Muskelbündel hervor (Jallabert, Jolly); eine weitere Folge der Funkenentladungen ist die Abnahme des Leitungswiderstandes für den galvanischen Strom an den von den Funken getroffenen Hautstellen, ferners Zunahme der elektrocutanen Sensibilität an der Applicationsstelle und andern symmetrischen Punkten, sowie Steigerung der Muskelerregbarkeit (Benedictow). Auf der Haut erzeugen schwache Funkenentladungen Brennen, Stechen, Bildung von Gänsehaut, Bläschen und Quaddeln. Unmittelbar nach den Funkenentladungen erbleicht die Haut an der Applicationsstelle und kann man durch zweckentsprechende Applicationsweisen selbst größere Hautpartien auf einmal blutleer machen. Nach 10—30 Minuten tritt eine tiefe, oft mehrere Stunden anhaltende und sich nur allmählig verlierende Röthe ein. Mit der Erbleichung der Haut geht Temperaturerniedrigung und mit der Hyperämie Temperaturerhöhung Hand in Hand. Diese kann bis zur Bildung von Brandblasen gesteigert werden (Stein). Der positive Pol der Spannungsströme der Holtz'schen Influenzmaschine erzeugt (als elektrischer Wind gegen die Zunge geleitet) sauere Geschmacksempfindung mit Vorwölbung der Papillen der Zunge und ausgiebiger Secretion einer wasserhellen Flüssigkeit an der Reizungsstelle der Zunge, die oft noch 3—4 Stunden nach der Reizung fortdauert (Schwanda). Auf den Geruchssinn wirken die Spannungsströme durch Erregung von Ozongeruch, gegen die geschlossenen Augenlider geleitet, rufen selbst geringe Entladungen deutliche Lichtblitze hervor und im Gehörorgane erzeugen leichte Entladungen ein Vibriren, stärkere Entladungen hingegen erregen bedeutende Wärme und die Empfindung von Paukenschlägen am Trommelfell (Stein). Auf die motorischen Nerven und Muskeln, den Unterleib, sowie auf das Blut wirkt die Franklinisation auf dieselbe Weise ein, wie Inductionsströme. Die dickste Epidermis, das Kopfhaar, sowie dicke Lagen von Kleidern bieten den Spannungsströmen keinen Widerstand, daher die Möglichkeit, durch die Kleider hindurch zu elektrisiren (aus welchem Grunde die Franklinisation in manchen Fällen — zumal bei weiblichen Patienten — vor andern elektrotherapeutischen Methoden vorgezogen werden dürfte).

[1]) Zwei therapeutische Briefe an Herrn Prof. Dr. R Lewandowski von Prof. Dr. Moritz Benedikt. I. Die statische Elektricität in der Heilkunde, Wiener med. Blätter 1885, Nr. 35.

Mit Erfolg wurde die Franklinisation angewendet und ist daher indicirt: Zunächst bei allen allgemeinen und functionellen Neurosen — Hysterie, Hysteroepilepsie (wogegen bisher jede andere Therapie sich als unzulänglich erwies), Epilepsie, Tremor, Paralysis agitans, Chorea, Cerebral- und Spinal-Neurasthenie, Schlaflosigkeit, Kopfdruck etc. — (Mund, Stein, Benedikt, Charcot); bei Neurasthenie hält Stein das positive Luftbad für wirksam, ausgehend von der Thatsache, dass die Oberfläche des menschlichen Körpers positive Ladungen zeige; bei der elektrischen Neurose (bestehend in elektrischen Erscheinungen, wie Funkensprühen aus den Fingern, Auseinanderfahren der Haare etc. wahrscheinlich infolge von Elektricitätsverlusten und hiedurch bedingter nervöser Ermüdung mit vasomotorischen Störungen) wendet Feré positive Ladungen mit Erfolg an; bei Epilepsie und Psychosen benützte Benedikt die elektrische Douche mit Erfolg. Weiters ist die Franklinisation indicirt bei gewissen (zumal veralteten) Fällen von Neuralgie — Trigeminusneuralgie, Intercostalneuralgie, Neuralg. sperm. (nach Onanie), Ischias etc. — (Benedikt, Stein; bei Tic doul. wandte Benedikt den elektrischen Wind erfolgreich an); bei peripheren Nervenleiden und Rheumatismen (Benedictow), bei Krämpfen (bei Masticationskrampf wandte Benedikt den elektrischen Wind mit Erfolg an), bei Paralysen, Hyper- und Anästhesien aller Art, die mit dem faradischen Strome behandelt zu werden pflegen (Schwanda, Stein), bei Amenorrhoë (Luftbäder — Jallabert u. s. Nachfolger), bei Schwerhörigkeit und Ohrensausen (erfolgreiche Anwendung des Ohrtrichters in der vorher angegebenen Weise seitens Benedikt), bei cerebralen Erscheinungen Ohrenkranker (elektrische Douche, Benedikt) etc. etc. Bei der Resorption von Geschwülsten leistet die Franklinisation oft mehr als alle andern Elektrisationsarten (Benedikt). Andere Autoren (wie Arthuis und Clemens) wollen die Franklinisation bei allen nur denkbaren Leiden mit Erfolg angewendet haben. Bemerkenswert sind die zahlreichen, beglaubigten, in verschiedenen Schriften aufgezeichneten Blitzheilungen.

Aus dem Gesagten dürfte hervorgehen, dass der Franklinisation in der Elektrotherapie ein Platz eingeräumt werden müsse; Benedikt erklärt die Influenzmaschine direct als ein nothwendiges Requisit der Therapie; sie leistet (nach ihm) Manches, was auf andere Weise nicht zu erzielen ist.

Im Anschlusse an die Franklinisation sei mit einigen Worten der **Metallo-** und **Magnetotherapie** gedacht.

Dr. Burcq veröffentlichte zuerst im J. 1848 Thatsachen, welche die Heilwirkung von auf unempfindliche oder krankhaft contrahirte Körperstellen aufgelegten, blanken, etwa thalergroßen Metallplatten betrafen. Diese Angaben Burcq's wurden 1877 durch eine ad hoc eingesetzte Commission verificirt und besonders auf ein hiebei beobachtetes merkwürdiges Phänomen aufmerksam gemacht, welches darin besteht, dass mitunter krankhafte Erscheinungen infolge Auflegens einer (durch Versuche als wirksam befundenen) Metallplatte an der Applicationsstelle verschwanden, dagegen sofort an der entsprechenden symmetrischen Stelle oder andern Körperseite auftraten (Transfert). Anfangs glaubte man, schwache, jedoch galvanometrisch messbare elektrische Ströme, die unter den Metallplatten auftraten, für diese Erfolge verantwortlich zu machen. Allein eine gehäufte Erfahrung lehrte, dass auch der Magnet, sowie allerhand andere Substanzen, wie Holzplatten, beinerne Spielmarken etc., unter Umständen dieselben Wirkungen hervorbringen, weshalb man dermalen zur Erklärung derselben die Erregung von auf die Nervenendigungen übergehenden Molecularbewegungen annimmt.

Der Magnet wurde zu verschiedenen Zeiten mit wechselndem Enthusiasmus in der Heilkunde verwendet und blieb zeitweise von den Ärzten ganz unberücksichtigt, hauptsächlich, weil bisher alle physiologischen Grundlagen für die methodische Verwertung desselben zu therapeutischen Zwecken fehlten. Prof. C. Maggiorani hat in seinem Werke: Influenza del Magnetismo sulla vita animale [1]) das Ganze bisher in dieser Richtung aufgestapelte Material gründlich durchgearbeitet und mit der Aufstellung physiologischer Grundlagen für eine rationelle Magnetotherapie begonnen. Auch Clemens und Prof. Benedikt beschäftigen sich, allerdings nach verschiedenen Richtungen mit der Anwendung des Magnetes in der Heilkunde und hat letzterer in seinem 2. an mich gerichteten therapeutischen Briefe [2]) ebenfalls zahlreiche, wertvolle physiologische und therapeutische Thatsachen diesen Gegenstand betreffend angegeben. Ich habe eine Reihe einschlägiger Thatsachen in meiner „Elektrotechnik in der prakt.

---

[1]) Bei Detken 1880 zu Rom und Neapel erschienen.

[2]) Zwei therapeutische Briefe an Herrn Prof. Dr. R. Lewandowski von Prof. Dr. Moritz Benedikt II. Zur Magnetotherapie, Wr. med. Bl. Nr. 37 u. 38 ex 1885.

Heilkunde"[1]) in den Capiteln II (Der Magnet in der Heilkunde) und III (Metalloskopie) p. 62—80, behandelt, worauf ich hiemit verweise.

Nicht alle Menschen reagiren auf die Annäherung entsprechend kräftiger Magnete und variirt auch die Reaction magnetisch sensibler Individuen von kaum wahrnehmbaren, subjectiven Empfindungen bis zum Eintreten (übrigens durchaus nicht erwünschter, im Gegentheil contraindicirter und immer wohl zu vermeidender) hypnotisch-kataleptischer Erscheinungen. Übrigens traten therapeutische Effecte auch ein, ohne dass gegebenenfalls irgend welche physiologische Reaction wahrnehmbar gewesen wäre.

Zu Heilzwecken werden entsprechend kräftige Hufeisenmagnete (die aus mehreren Lamellen zusammengesetzt sind) verwendet und in Tüchern eingehüllt, je nach dem Sitze des Leidens dem Körper mit beiden Polen genähert. Benedikt verwendet den Magnet mit Erfolg bei Kephalalgie, Migraine, Schlaflosigkeit, Chorea major, Hysterie, sodann zur Bekämpfung von Druckempfindlichkeit, Hyper- und Anästhesie, reizbarer Spinalirritation etc. Ich verwendete den Magnet zum erstenmal in einem Falle hochgradiger Migraine bei einem an Nostalgie leidenden 16jährigen Mädchen, indem ich den Magnet in geringer Entfernung von ihrem Kopfe auf den Polster so lagerte, dass die Pole der leidenden Kopfhälfte zugekehrt waren und es überraschte mich nicht wenig, als mir die Kranke nach etwa 1 Minute sagte, der rasende Schmerz sei gewichen, aber in geringerer Intensität auf der andern Seite aufgetreten. Als der Magnet dahin dirigirt wurde, kehrte der Schmerz abermals bedeutend vermindert in der ursprünglich erkrankt gewesenen Kopfhälfte auf und verschwand nach weitern 2 Wendungen für 3 Tage vollständig, während sonst durch kein Mittel auch nur für Stunden eine Besserung zu erzielen war, und vor 1 Jahre die Kranke unter gleichen Erscheinungen wegen stetig sich exacerbirender Symptome auf mehrere Monate in die Heimat geschickt werden musste. Wiederkehrende Migraineanfälle wurden noch durch einige Wochen in derselben Weise behandelt, wonach vollständige Heilung eintrat. Seither benützte ich den Magnet öfters in Fällen von Hysterie und Migraine erfolgreich, erachte jedoch ein weiteres Eingehen auf diesen Gegenstand für noch verfrüht, da wir uns diesbezüglich doch nur erst im Stadium des Versuchens befinden und wohl so manches in dieser Angelegenheit dermalen noch nicht spruchreif ist.

Die Galvanisation — heutzutage entschieden die dominirende Anwendungsart der Heilelektricität — übertrifft alle übrigen Elektrisationsmethoden an Exactheit, Präcision und Leistungsfähigkeit. Die Wirkungen des galv. Stromes sind am meisten und besten studirt, die Indicationen für die Anwendung desselben durch zahlreiche therapeutische Erfolge gut fundirt, die Intensität desselben nach Belieben abstufbar, die Leitung desselben durch den Körper nach allen Richtungen möglich und nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in der Tiefe localisirbar.

Zur Galvanisation genügt jede beliebige Batterie, die einen hinreichend intensiven und (durch einen Elementenzähler und womöglich noch überdies durch einen — Gärtner'schen Rheostat, oder durch diesen allein) entsprechend regulirbaren Strom liefert; eine Vorrichtung zum Schließen und Öffnen, sowie zum Wenden des Stromes im metallischen Theile der Leitung, gute Leitungsschnüre, zweckentsprechende Elektroden und ein verlässliches, präcise im absoluten Maße geaichtes Horizontalgalvanometer, sind durchwegs unerlässliche Erfordernisse für jede rationelle Behandlung. Die Nothwendigkeit eines Galvanometers für den vorliegenden Zweck dürfte bereits aus dem elektrodiagnostischen Theile dieser Arbeit zur Deutlichkeit erhellen. Das erste Galvanometer für therapeutische Zwecke wurde bereits 1801 über Anregung Ch. H. E. Bischoff's von dem herzogl. sächs. priv. physik. Instrumentenmacher I. W. Vogt in Jena ausgeführt. Bischoff beschreibt dieses nach dem Principe des Elektroskops gefertigte Instrument in seiner Diss.: „De usu Galvanismi in arte medica" und schickte dieser Beschreibung die denkwürdigen Worte voraus: „Es möchte überflüssig erscheinen, die Nothwendigkeit eines Galvanometers für die therapeutische Anwendung des galvanischen Stroms zur Anstellung einer rationellen Cur mit demselben darzuthun." C. W. Müller sagt in seinem gediegenen Werke, zur Einleitung in die Elektrotherapie, p. 168: „Eine elektrische Behandlung heutzutage ohne ein zuverlässiges Galvanometer unternommen, muss — einzelne wenige Fälle ausgenommen — einfach als Kunstfehler bezeichnet werden." Ich schließe mich diesen An-

---

[1]) A. Hartleben's Verlag, Wien 1883.

schauungen unbedingt an und erkläre auch ein verlässliches Galvanometer als unerlässlichen und unbedingt nothwendigen Behelf, und betone, dass nicht ein jedes der im Handel als „absolut geaichte Galvanometer für ärztliche Zwecke“ vorkommenden Instrumente dem gedachten Zwecke genügt, dass alle Verticalgalvanometer, die ich kennen gelernt, entweder gleich anfangs ungenau waren, oder mit der Zeit ungenau wurden und dass meiner besten Überzeugung nach nur ein Horizontalgalvanometer, womöglich mit Fadensuspension, u. zw. von einer bewährten Firma bezogen und überdies noch, wenn irgendwie thunlich, von einem Fachmanne geprüft, nur einzig und allein als ein verlässliches Galvanometer bezeichnet zu werden verdient. Ein Galvanometer ist eben ein Präcisionsinstrument und muss auch als solches behandelt werden.

Zur Application des galv. Stromes an die unverletzte Körperoberfläche des Menschen benützt man fast ausnahmslos wohldurchfeuchtete Schwammkappenelektroden entsprechender Form und Größe. Diese werden entweder an den Applicationsstellen ruhig gehalten — stabile Galv. — oder es wird die eine Elektrode über eine größere Muskelmasse oder längs des Verlaufes eines motor. Nerven etc. gleitend hin- und hergeführt, ohne hiebei von der Körperoberfläche abgehoben zu werden — labile Galv. — oder es werden in derselben Weise Streichungen vorgenommen, aber am Ende jeden Striches die betreffende Elektrode abgehoben und neuerdings am Anfange des Striches aufgesetzt — intermittirende Galv. — oder aber werden im metallischen Theile der Leitung mittels des Stromwenders bei stabil gehaltenen Elektroden Stromwendungen — Volta'sche Alternativen (V. A.) — ausgeführt.

Unter sonst gleichen Umständen (nämlich gleicher Stromstärke, gleichen Elektroden und gleichen Applicationsstellen am Körper) stellt die stab. Galv. die mildeste Applicationsweise des galv. Stromes dar; ihr folgen die lab., dann die interm. Galv. und endlich die V. A., welche die intensivste Anwendungsart des galv. Stromes bildet.

Die stab. Galv. wird geübt, um entweder reine Polwirkungen zu erzielen oder, ohne Rücksichtnahme auf die Pole, um bestimmte Theile des Körpers der größten Stromdichte auszusetzen. Im ersten Falle wird die indifferente Elektrode auf indifferente Körperstellen (Sternum, Patella, Epigastrium etc.) placirt und die differente Elektrode an die Wahlstelle aufgesetzt; im zweiten Falle kommt es gewöhnlich gar nicht auf die gegenseitige Stellung der Pole an, ja es werden dieselben sogar oft in einer und derselben Sitzung vertauscht, so dass der eine Pol dahin aufgesetzt wird, wo früher der andere stand und umgekehrt — Polwechsel. Mitunter ist es nicht möglich, größere Körpergebiete, z. B. das Rückenmark (selbst bei Anwendung großer Elektroden) auf einmal der ganzen Ausdehnung nach unter den Einfluss der dichtesten Stromfäden zu bringen; in diesem Falle werden nach und nach einzelne Theile des betreffenden Körpergebietes der (gewählten) größten Stromdichte ausgesetzt und so z. B. das ganze Rückenmark partienweise (stationsweise) und nicht auf einmal elektrisirt — Wandern der Pole. Bei diesem Wandern der Pole hat man darauf zu sehen, dass dieselben beim Verschieben ja nicht vom Körper abgehoben, sondern mit gleichem Drucke an die neue Applicationsstelle geführt werden.

Bei stabiler Galv. sollen die Polenden immer wohl durchfeuchtet und stromlos an den Körper applicirt und erst, wenn die darunter befindliche Hautstelle gut benetzt ist, der Strom mit Hilfe eines Elementenzählers und noch besser unter Zuhilfenahme eines Gärtner-schen Rheostats ganz allmählig bis zur gewünschten (mit dem Galvano-

meter zu controlirenden) Stromesintensität verstärkt werden — einschleichen. Ebenso sollen die Polenden nach der stab. Application nur stromlos vom Körper abgehoben werden, nachdem man vorher auf dieselbe Weise die Stromintensität bis auf Null reducirt hatte — ausschleichen. Sollten die sämmtlichen Widerstände des benützten Rheostats nach vorheriger Einschaltung der ganzen Batterie nicht genügen, den Strom bis auf Null zu reduciren, so müsste nach dem Zurückdrehen der Rheostatkurbel der Stromwähler benützt und die Elemente der Reihe nach bis auf Null ausgeschaltet werden. Falls jedoch kein Elementzähler an der Batterie vorhanden wäre und das Galvanometer nach Einschaltung aller disponiblen Rheostatswiderstände doch noch etwa $^{1}/_{10}$ M. A. anzeigte, muss die eine Elektrode unter ganz allmählig nachlassendem Drucke von ihrer Applicationsstelle auf die benachbarte trockene Epidermis bewegt und erst hernach vom Körper abgehoben werden — abstreifen. Durch diesen Vorgang werden so große Widerstände (trockene Epidermis) eingeschaltet, dass der gewissenhafte Beobachter seines verlässlichen Galvanometers das allmählige Zurückgehen der Nadel bis auf Null wahrzunehmen in der Lage sein wird.

Es ist selbstverständlich, dass der einfache Polwechsel immer stromlos vorgenommen, und wo er indicirt ist, nicht etwa durch die V. A. ersetzt werden darf. Zu diesen Manipulationen muss der Arzt eine Hand oder beide Hände frei haben, aus welchem Grunde sich die Anwendung bequemer Fixationselektroden empfiehlt. Wohl kann man unter Umständen intelligenten Patienten das ruhige Halten der einen Elektrode überlassen: die andere (differente) Elektrode jedoch muss der Arzt selbst dirigiren und fixiren, oder, wie erwähnt, eine Fixationselektrode benützen. Ich verwende mit Vortheil eine der Gärtner'schen Fixationselektrode p. 277, Fig. 109, annähernd ähnliche, aber viel einfachere Vorrichtung: Eine 3—4 *cm* breite, 15—25 *cm* lange Stahlfeder (oder gehämmerte Messinglamelle) hat in ihrem Mittelpunkte ein Loch zum Durchstecken der Schraubenspindel des betreffenden Elektrodenansatzes, der hier durch Anschrauben und Festziehen der Polklemme fixirt wird, und an ihren Enden Querschlitze zum Befestigen zweier starker unelastischer Bänder. An das freie Ende eines der beiden Bänder wird eine Universalschnalle (Patent J. Gotshacher, Wien, Währing, Kreuzgasse 62) befestigt, die Elektrode applicirt, das freie Ende des andern Bandes durch die Schnalle geführt, soweit als nöthig angezogen und freigelassen. Die Schnalle fixirt sodann das Band in höchst einfacher Weise ohne es zu durchbohren; will man dasselbe lösen, so hat man nur an dem Bügel der Schnalle in entgegengesetzter Richtung ganz leicht anzuziehen.

Die Heilwirkungen des galv. Str. äußern sich vorzugsweise nach drei Richtungen, nämlich als erregende, modificirende und katalytische.

Zur Entfaltung der erregenden Wirkungen benützt man hauptsächlich die lab. und interm. Galv., sowie V. A. (somit Stromschwankungen sowie Stromschließungen, u. z. Schließungen auf die Ka — weniger Stromöffnungen). Hiedurch wird [außer dem directen Nervenreize und der centripetalen Erregung der nervösen Centralapparate, hauptsächlich der Beeinflussung der Innervation des Bewegungsapparates und der inneren Organe (v. Ziemssen)] durch Auslösung von Muskelzuckungen in erster Richtung eine, in vielen Fällen heilsam wirkende Muskelgymnastik und in zweiter Richtung Einflussnahme auf die Blutcirculation erzielt. Oft verwendet man einen intensiven Reiz (Ka S) zur Überwindung einer Leitungshemmung im Verlaufe eines Nerven. Es ist selbstverständlich, dass dieser Reiz bei Leitungshemmungen in sensiblen Nerven peripher und in motorischen Nerven central von der Stelle der Leitungshemmung angebracht werden müsse.

Zur Entfaltung der modificirenden Wirkungen benützt man vorwaltend die stab. Polapplication und sucht möglichst reine Pol-

wirkungen (Anelektrotonus, Katelektrotonus, cfr. p. 237) zu erzielen. Der indifferente Pol wird hiebei am besten an das Sternum applicirt. Die Anode äußert bei möglichst ruhiger Application sowohl an spontan schmerzenden wie auch an Druckschmerzpunkten (bei Neuralgien und Hyperästhesien aller Art) eine eminent sedative, anästhesirende, antineuralgische Wirkung (stab. An. M. Meyer's). AnD deprimirt (wie p. 301 erwähnt) nervöse Ohrgeräusche und löst krankhafte Muskelcontractionen (deprimirende, lähmende und antispastische Wirkung). Bei Reflexkrämpfen ist die An an jene Punkte zu applieiren, welche als die Quelle der pathologischen Erregung erkannt werden. Ist in einem ganzen Nervenstamme Anelektrotonus zu erzeugen, so applicire man die An möglichst central stab. und die Ka — wie bereits erwähnt — indifferent. Um die positive Modification (cfr. p. 264) nach der AnD zu eliminiren, muss man den Strom (mit Hilfe der oben angedeuteten Mittel) allmählig bis auf Null reduciren (langsam und vorsichtig ausschleichen). Will man die Erregbarkeit eines Nerven erhöhen (antiparalytische Wirkungen entfalten), so verwendet man die stab. Application der Ka im Verlaufe des mot. Nerven, u. z. möglichst nahe dem Centrum, um daselbst erregbarkeitsteigernd zu wirken, somit Einschleichen bis zur Erreichung der gewünschten Stromdichte, stab. Application während der erforderlichen Stromdauer, und plötzliche Öffnung, nach welcher, wie p. 236 erwähnt, die positive Modification noch lange persistirt — Heidenhain's recreirende, erfrischende Wirkung. (Auf gleiche Weise werden auch Anästhesien behandelt und die Ka hiebei an die anästhetische Stelle oder möglichst central applicirt.) Hiemit verbindet man zweckmäßigerweise noch die erregenden Wirkungen der Ka, indem man mit derselben längs der Nervenstämme oder an den motor. Punkten streicht (lab. u. interm. Galv.), wobei die An entweder indifferent oder centralwärts im Verlaufe des Nerven oder an dem zugehörigen Plexus oder Rückenmarkssegmente postirt wird.

Zur Entfaltung der katalytischen Wirkungen (nach R. Remak = der Summe der elektrolytischen, kataphorischen vasomotorischen und trophischen), um Drüsentumoren, indolente Bubonen, Hodenentzündungen, Strumen etc. zu zertheilen, in Nerven,- Nerven- und Sehnenscheiden, Muskeln, Gelenken, Drüsen, unter dem Periost etc. angehäufte Entzündungsproducte zu lösen, zertheilen und abzuleiten. um harte Narben und Periostosen, Gelenkssteifigkeit, rheumatische Contracturen und Pseudarthrosen zu lösen, Glaskörpertrübungen und Katarakten aufzuhellen etc. etc. benützt man vorzugsweise die stab. Galv. mit alternirendem Polwechsel, mitunter sogar V. A. Hier ist es völlig irrelevant, wo zunächst die An und wo die Ka angesetzt wird. Im Gegentheil ist das Hauptaugenmerk darauf zu richten, dass die als wirksam erkannte größte Stromdichte durch den Erkrankungsherd geleitet werde.

Ist beispielsweise ein Gelenk zu behandeln, so werden die beiden Pole so postirt, dass die kürzeste Verbindungslinie derselben durch das Gelenk geht. Nach circa 1 Min. stab. Polappl. und Ausschleichen werden die Pole gewechselt, die An an Stelle der Ka und umgekehrt placirt; nach abermals 1 Min. werden die Pole so aufgesetzt, dass ihre dermalige Verbindungslinie mit jener der beiden früheren Polstellungen einen rechten Winkel einschließt. Nach 1 Min. stab. Appl. werden die Pole in dieser Stellung abermals vertauscht. Die nächste Appl. wird hierauf so vorgenommen, dass die Verbindungslinie der Pole den rechten Winkel, welchen die Verbindungslinien in den

früheren zwei Polstellungen bildeten, halbirt, nach 1 Min. dann Polwechsel, endlich Appl., so dass die Verbindungslinie der Pole auf die bei der letztvorherigen Polstellung senkrecht zu stehen kommt, und nach 1 Min. abermals Polwechsel, so dass das Gelenk nach möglichst vielen Richtungen von den dichtesten Stromfäden durchflossen wird. Nicht in allen Fällen wird es nöthig sein, wie hier angegeben, den Strom nach 8 verschiedenen Richtungen durch den Krankheitsherd zu senden; zumeist dürften 4 Richtungen genügen, mitunter nur 2 möglich sein. In letzterem Falle müsste dafür öfters Polwechsel (mit Ein- und Ausschleichen bei noch entzündlichen Processen) oder V. A. (bei chronischen, zumal bei torpiden Fällen) vorgenommen werden. Handelt es sich z. B. um ein perimetritisches Exsudat in der Bauchhöhle, so applicire ich die wohldurchfeuchteten Rieseneelektroden auf den Bauch und gegenüber am Rücken und wechsle den Strom im metallischen Theil der Leitung nach jeder Minute (10—15mal in einer Sitzung) etc. etc.

Außer dieser directen Behandlung des erkrankten Körpertheiles muss ich gleich Erb noch die stab. und lab. (interm.) Galv. der benachbarten Muskeln und großen Nervenstämme, sowie des zugehörigen Abschnittes des nervösen Centralapparates, welches als das trophische Centrum des erkrankten Gebietes anzusehen ist, dringend empfehlen, um hiedurch indirect auf die Circulation, Säfteströmung und Ernährung einzuwirken (indirecte Katalyse, cfr. p. 260). Nach Landois sollen besonders abst. stab. Ströme im Verlaufe der Nerven reflectorisch auf die Herz- und Gefäßthätigkeit einwirken.

Durch indirecte Katalyse hat Chvostek eine ganze Reihe glänzender Resultate erzielt.[1]) Unter anderen Fällen sei hier ein in der Literatur öfters citirter Fall erwähnt, der den Militär-Bäckermeister Kürowič betraf, bei welchem ein chronisch-traumatisches Infiltrat beider Unterschenkel durch lab. Galv. der Nn. peron. u. tibial. in 8 Sitzungen vollkommen geheilt wurde.[2])

Eine praktische, durch zahlreiche (unzweifelhaft auf centripetale Stromwirkungen zurückzuführende) Erfolge (so u. A. von Althaus, Baumblatt, Beard und Boekwell, Benedikt, Braun, Chvostek, v. Dusch, Drissen, Erb, Eulenburg, Fieber, Flies, Friedreich, Gluzinsky, Guttmann, Holst, Leber, Lewandowski, M. Meyer, C. W. Müller, Neftel, Nesemann, Onimus E. und R. Remak, Schwimmer, Tigges, Ziemssen etc. etc.) als wirksam befundene Galvanisationsmethode zur Hervorrufung indirecter Katalyse ist die p. 254 u. 255 erörterte Galv. a. H. Besonders zu empfehlen ist die Applicationsart nach M. Meyer (Ka in's Jugulum, nach C. W. Müller an das Gang. supr. Symp.; An an die Querfortsätze des 5.—7. Halswirbels der contralateralen Seite — diagonale Galv. der Cervicalanschwellung nach C. W. Müller — stromlose Application der Elektroden, langsames und vorsichtiges Einschleichen, peinliche Sorgfalt auf Elektrodenhaltung, Stromdichte und Stromdauer, sachtes allmähliges Ausschleichen). Höchst wahrscheinlich auf Beeinflussung der Circulation ist die eminente somnifere und euphorisirende Wirkung dieser Galvanisationsmethode zurückzuführen.

Nach C. W. Müller erzeugt die Galv. a. H. (vom Jugulum zum Gangl. supr. Symp.) bei geringer Stromdichte und kurzer Stromdauer (D $^1/_{14}$ durch 30—40 Sec.) Hirnanämie, bei großer Stromdichte und längerer Stromdauer hingegen (D. am Gangl. supr. $^1/_7$ durch 2—3 Min.) Gefäßerweiterung, daher letztere Applicationsweise von C. W. Müller zur Behandluug der spastischen Migraine empfohlen wird.

Nicht allein zur Lösung, Zertheilung und Fortschaffung bereits abgelagerter Entzündungsproducte, sondern auch gleichzeitig zur Vor-

---

[1]) Cfr. Chvostek-Lewandowski, „Über die aufsaugenden Wirkungen des elektrischen Stromes." Allgem. Wr. med. Ztg. Feldarzt. 1874, 12—50, sowie 1875, 15—37 u. S.-A. [2]) l. c. S.-A., pag. 4 u. 5.

beugung derselben, sowie als antiphlogistisches Mittel von hohem Werte empfiehlt sich eine vorsichtig mit schwachen Strömen eingeleitete directe oder indirecte Katalyse.

Hieher sind die antiphlogistischen Wirkungen der Cirkelströme von R. Remak zu rechnen, der die An auf die schmerzende, entzündete Stelle placirte und mit der Ka im Kreise um die An Striche ausführte. Hierauf beruht auch die antiphlogistische Wirkung der stab. Anodenbehandlung M. Meyer's.

Wenngleich nicht behauptet werden kann, dass durch die Katalyse die im Zuge befindliche Degeneration und Atrophie der Nerven und Muskeln hintangehalten werden könne, so ist von dieser Behandlungsmethode doch einerseits im Regenerationsstadium die Beschleunigung der functionellen Heilung zu erwarten und dürften andererseits manche günstige Resultate, zumal die so oft zur Beobachtung kommenden partiellen Erfolge, darauf zurückzuführen sein, dass Körpertheile und Gebilde im Umkreise des Krankheitsherdes, die an und für sich zwar nicht direct in den Krankheitsprocess einbezogen, aber doch durch Hyperämie oder durch Druck seitens der Exsudate der benachbarten Gebilde etc. zu leiden hatten, infolge der Entfernung dieser Reize an der Erkrankungsstelle durch die katalyt. Wirkungen des Stromes ihren normalen Zustand und ihre Function wieder erlangen.

Was die Application des galv. Stromes an die einzelnen Körperregionen betrifft, so ergeben sich hieraus noch einige specielle Applicationsweisen.

Die directe Beeinflussung des Gehirns durch den galv. Strom ist (wie p. 251 erörtert) trotz der Umschließung desselben von der knöchernen Schädelkapsel möglich, und zwar kann nicht nur das ganze Gehirn als solches dem Stromeinflusse ausgesetzt, sondern vielmehr der Strom auch auf ganz bestimmte Hirnpartien localisirt werden. Zu diesem Zwecke werden die mit warmem Wasser wohldurchfeuchteten Schwammkappenelektroden stromlos an die Wahlstelle applicirt, peinlich stabil (am besten mittels einer zweckentsprechenden Fixationselektrode) gehalten, der Strom bis zur gewünschten Stromdichte allmählig eingeschlichen und nach der als erforderlich erkannten Stromdauer wieder vorsichtig und allmählig ausgeschlichen. Stab. Application und Vermeidung jeglicher Stromschwankung ist wegen den bei der Hirngalv. so leicht auftretenden (p. 251 erörterten) unangenehmen Nebenwirkungen sehr dringend zu beachten. Man unterscheidet, je nach der Polstellung, im allgemeinen die longitudinale (long.), transversale (transv.) und diagonale (diag.) Hirngalv. (H. G.). Im speciellen werden bei der long. die mediale (med.), von der Mitte der Stirne zur Mitte des Hinterhauptes und die unilaterale, durch die rechte (long. r. H. G.) oder linke Schädelhälfte (long. l. H. G.), jederseits vom Stirnhöcker zur gleichen Seite des Hinterhauptes, sodann bei der transv. die frontale (front.), quer durch die Stirne, die parietale (pariet.), quer durch die Seitenwandbeine, die temporale (temp.), quer durch die Schläfenbeine und die occipitale (occip.), quer durch die Proc. mast., sowie schließlich bei der diag. die vom rechten (r. diag.) oder linken (l. diag.) Stirnhöcker zur contralateralen Seite des Hinterhauptes unterschieden. Gegebenenfalls wird immer nur die erforderliche Galvanisationsmethode geübt und gilt hiefür als Richtschnur, dass jene Hirnhälfte oder jene Hirnpartie der Stromwirkung auszusetzen ist, in welcher der Krankheits-

herd supponirt wird, allwo pathologische Producte zur Resorption zu bringen sind etc. Der Krankheitsherd soll hiebei immer in die kürzeste Verbindungslinie beider Pole zu liegen kommen. Die Elektroden müssen entsprechend groß, entsprechend geformt und wohldurchfeuchtet sein. Wo dieselben auf das Kopfhaar zu stehen kommen, muss auch dieses durchfeuchtet sein. Was die Polstellung anbelangt, kann man entweder die Resultate der Löwenfeld'schen (von Hughes Bennet bestätigten) Experimente als Grundlage wählen (cfr. p. 253), wobei es aber, selbst die Richtigkeit derselben zugegeben, immer schwer fallen wird, im gegebenen Falle zu entscheiden, ob eine Hyperämie oder eine Anämie zu beseitigen sei, oder man wird die An als den weniger erregenden Pol an den empfindlicheren Theil, dort, wo antiphlogistische Wirkungen zu erzielen sind, die Ka dagegen dahin placiren, wo eine Fluidisirung von bereits gesetzten Entzündungsproducten und Aufsaugung derselben tendirt wird, oder aber kann zur Erzielung katalyt. Effecte die Stellung der Pole in einer Sitzung gewechselt werden.

Die Hirngalv. erweist sich bei verschiedenen, nicht nur acuten, sondern auch chronischen Gehirnkrankheiten von großem Nutzen, u. z. nicht allein zur Bekämpfung gewisser cerebraler Symptome, als Kopfschmerzen aller Art, Kopfdruck, Schwere, Leere und Wüstheit im Kopfe, Schlaflosigkeit, psychische Verstimmung bis zur Melancholie, Aphasie etc., welche Symptome selbst bei an sich unheilbaren Hirnkrankheiten durch methodische H. G. sich theilweise oder ganz rückbilden lassen, sondern vermag man wohl oft genug auch auf das Grundleiden selbst in mitunter geradezu erstaunlicher und fast nicht geahnter Weise einen günstigen Einfluss zu nehmen, die Resorption von Krankheitsproducten anzuregen und außer palliativen, in vielen Fällen auch dauernde Erfolge zu erzielen.

Gleich dem Gehirn ist auch das Rückenmark (RM.) directem Stromeinflusse zugänglich. Die Galv. des RM. wird in der Weise ausgeführt, dass der Strom entweder der Länge oder der Quere nach durch dasselbe geleitet wird, oder dass nur die eine Elektrode an das Rückenmark, die andere dagegen an einem Plexus oder Nervenstamme, den motor. Punkt eines Nerven oder Muskels oder die Haut applicirt wird (welche Polstellungen Benedikt als Rückenmarksstrom = R Str., als Rückenmarksplexusstrom = R Pl Str., Rückenmarkswurzelstrom = = R W Str., Rückenmarksmuskelstrom = R M Str., Rückenmarkssympathicusstrom = R Sy Str., Rückenmarkshautstrom = R H Str. etc. bezeichnet).

Bei der Längsleitung des Stromes durch das RM. werden die Pole im Verlaufe desselben applicirt, u. z. der eine Pol an die Halswirbelsäule, der andere an die Lendenwirbelsäule, oder es werden die Pole so aufgesetzt, dass nur ein Rückenmarkssegment vom Strome durchflossen wird. Will man das ganze Rückenmark nach und nach den dichtesten Stromfäden aussetzen, so empfiehlt sich das Wandern mit den Elektroden (stationsweise Galv. des RM.), wobei entweder beide Pole am RM. oder der eine an das Gangl. supr. Symp. applicirt werden. Die Querdurchströmung des RM. wird in der Weise ausgeführt, dass der eine Pol auf die Wirbelsäule, der andere gegenüber auf das Sternum oder den Bauch aufgesetzt wird. Auch hier ist das Hauptaugenmerk darauf zu richten, dass der Krankheits-

herd womöglich von den dichtesten Stromfäden getroffen wird. Große Elektrodenplatten, stab. Application, stromloses Ansetzen der Elektroden, Ein- und Ausschleichen, Beachtung von Stromdichte und Stromdauer sind auch hier unerlässliche Postulate. Nach der Stellung der Pole an der Wirbelsäule unterscheidet man aufst. (Ka im Nacken, An an der Lende) und abst. (bei entgegengesetzter Polstellung) R Str.

Für die Appl. der Pole kann man sich an die Resultate der Löwenfeld'schen Versuche halten, wornach aufst. R Str. auf das RM. anämisirend, abst. dagegen hyperämisirend wirken. Nach Legros und Onimus setzen abst. R Str. die Erregbarkeit des RM. herab und verhindern die Reflexe, wogegen aufst. R Str. auf das RM. erregend einwirken und die Reflexe vermehren sollen. Nach Brenner und Möbius erregen abst. R Str. ein wohlthuendes Gefühl von Wärme. Erfrischung und Belebung in den unteren Extremitäten. Wenn keine sonstige Indication vorhanden ist, so setze ich die An als den weniger reizenden Pol stets dem Gehirne näher oder auf den Krankheitsherd direct auf, die Ka dagegen dahin auf, wo eine directe Erregung und Reizung indicirt ist. Handelt es sich um katalyt. Effecte, so wende ich alternirenden Polwechsel an, indem ich in einer und derselben Sitzung das RM. zunächst von aufst. und dann von abst. Strömen durchfließen lasse.

Wichtig ist die Behandlung spontan schmerzhafter oder druckempfindlicher Wirbel, sowie galv. Schmerzpunkte am RM. (nämlich jener Stellen, die infolge stab. Appl. der Ka eines Stromes von $^1/_{10}$ bis $^1/_6$ D. Schmerzen verursachen) mittels stab. Appl. der An (M. Meyer's stab. Anodenbehandlung) in der oben angegebenen Weise (mit Ein- und Ausschleichen). Wo die Diagnose sicher steht, applicire man die Pole so, dass nur der Krankheitsherd dem Stromeseinflusse ausgesetzt wird. Wo die Diagnose hingegen nicht sicher zu stellen ist, unterziehe man das ganze RM. auf einmal oder nach und nach (Wandern der Pole) dem Stromeseinflusse. Will man vorzugsweise auf die obern Extremitäten einwirken, so applicire man den einen Pol an die Halswirbelsäule; handelt es sich um Erregung der untern Extremitäten, so kommt dieser Pol (gewöhnlich die Ka) an die Lendenwirbelsäule.

Außer der stab. Galv. des Rückenmarks, von der bisher allein die Rede war, wird mitunter auch noch die lab. Rückenmarksgalv. geübt, indem beispielsweise die An am Halstheil des RM. oder entsprechend dem Gangl. supr. Symp. stabil gehalten und mit der Ka längs der Wirbelsäule hinauf und hinab unter gleichmäßigem Drucke Striche geführt werden. Erb empfiehlt bei chron. Rückenmarkskrankheiten die Ka an den Symp. zu placiren und die An in der eben angegebenen Weise längs der Wirbelsäule zu verschieben.

Was den therapeut. Wert der Galv. des RM. betrifft, so ist derselbe durch zahlreiche Erfolge praktisch sichergestellt. Fast alle Autoren verzeichnen übereinstimmend als therapeut. Effect der Rückenmarksgalv. die Zunahme der motor. Kraft, zumal in den Unterextremitäten, die Zunahme der Sicherheit im Gehen und Stehen und die vermehrte Leichtigkeit und Elasticität der Beine. Beim weiblichen Geschlechte wirkt Galv. des unteren Rückenmarkssegmentes menstruationsbefördernd (Althaus, Neftel), was einerseits therapeutisch verwertet werden kann und andererseits zur Sistirung der elektr. Sitzungen

während der im Zuge befindlichen Menstruationsperiode auffordert. Aber nicht nur gegen die spinalen Symptome aller Art bei den verschiedenen Rückenmarkskrankheiten, sondern auch bei intracraniellen Leiden hat sich die Galv. längs der Wirbelsäule von großem Nutzen erwiesen (Benedikt).

Was die Sinnesapparate anbelangt, so ergeben sich die bezüglichen Applicationsmethoden aus den jeweiligen Indicationen und verweise ich diesbezüglich einerseits auf das hierüber bereits im elektrodiagnostischen Theile Auseinandergesetzte, sowie auf die betreffenden Erörterungen im Abschnitte über specielle Elektrotherapie.

Die lab. Galv. der Extremitäten (um in erster Richtung die erregenden und modificirenden, in zweiter Richtung die katalyt. Wirkungen der Elektr., vorzugsweise bei Lähmungen aller Art als eminent antiparalyt. Heilmethode in Anwendung zu bringen), wird in der Weise ausgeführt, dass die An (als größere Elektrode) an den zugehörigen Abschnitt des RM. oder den entsprechenden Plexus oder indifferent stab. applicirt wird, während mit der Ka (mittels kleiner knopfförmiger Elektrode) längs der Nervenstämme über die Muskeln oder an den motor. Punkten interm. Striche geführt werden.

Je nachdem die obern oder untern Extremitäten oder die Genitalien in dieser Weise behandelt werden, bezeichnet man diese Appl. als lab. oder interm. abst. RNStr. der obern (o. E.) oder der untern Extremitäten (u. E.) beziehungsweise der Genitalien (Genit.), oder als Plexusnervenströme (PlNStr.), Plexusmuskelströme (PlMStr.), Nervenmuskelströme (NMStr.) etc. In allen diesen Fällen werden mit der Ka an jeder Wahlstelle 30—40 kräftige Striche ausgeführt (bei der lab. Galv. ohne diese Elektrode abzuheben, bei der interm. dagegen, wie bereits erwähnt, in der Art, dass die Elektrode immer am Ende eines jeden Striches abgehoben wird).

Zur Behandlung der o. E. empfiehlt sich zunächst die Ausführung der lab. oder interm. Galv. an dem Erb'schen Supraclavicularpunkte sodann am motor. Punkte für die Nn. rad., uln. und med. (cfr. p. 268—270). Um einzelne Muskeln an der o. E. in der gedachten Weise zu galvanisiren, führt man die Ka über die betreffenden Muskelbäuche und erregt dieselben möglichst isolirt. An den u. E. wird die lab. oder interm. Galv. in der Weise vorgenommen, dass zunächst am motor. Punkte des Ischiadicus (zwischen Sitzknorren und Troch. maj.) hernach am Peroneus (unter dem Wadenbeinköpfchen), endlich am Popliteus (in der Längsdiagonale der Kniekehle), sowie am Tibialis (im untern Viertel des Unterschenkels längs dem innern Tibiarande) je 40 Striche ausgeführt und hernach die betreffenden Muskeln ihrer Länge nach mit der Ka befahren werden. Will man die Muskeln an der Vorderfläche des Oberschenkels reizen, so streiche man mit der Ka von der Spina oss. ilei ant. sup. diagonal über die Vorderfläche des Oberschenkels bis an den medialen Tibiacondyl. Um die Muskeln an der Außenseite des Oberschenkels zu erregen, streiche man mit der Ka vom motor. Punkte des Ischiad. längs der Außenseite des Oberschenkels bis zum Wadenbeinköpfchen (in welchem Falle man sich die Striche am Ischiad. ersparen kann). Um die Genitalnerven zu erregen, streicht man parallel dem Poupart-schen Bande von der Spina oss. ilei ant. sup. zur Symphyse. Es empfiehlt sich, die Haut an jener Stelle, an der die lab. o. interm. Galv. eben ausgeführt werden soll, noch vor Stromschluss mit der frisch befeuchteten Elektrode zu befahren, um den Widerstand der Epidermis möglichst zu reduciren. Bei der lab. und interm. Galv. der Extremitäten lasse man sich ja nicht verführen, etwa dem Patienten durch Hervorrufung von Zuckungen in paralysirten oder paretischen Muskeln mit Zuhilfenahme starker Ströme imponiren zu wollen; im Gegentheil sind für den vorgesteckten Zweck Zuckungen gar nicht einmal erforderlich und halte man sich bezüglich der zu wählenden Stromstärke nach den im Folgenden zu erörternden Principien lediglich an die Angaben des wohl verlässlichen Galvanometers und beachte den praktisch begründeten Satz, dass eine periphere Überanstrengung das betreffende Centralorgan nachtheilig beeinflusst.

In entsprechender Weise werden auch alle übrigen Nervenstämme und Muskeln, Gelenke und Drüsen, Intrathoracal- und Abdominal-, sowie Uro-Genitalapparate behandelt und sollen die bezüglichen näheren Daten gegebenen Orts nachgetragen werden.

Bei der therapeut. Verwertung des galv. Str. kommt es noch auf die Wahl der Elektroden, die Stromstärke, Stromdichte, die Stromdauer, die Häufigkeit der Sitzungen, die Zeit, wann elektrisirt werden soll, sowie auf mehrere einschlägige Nebenumstände und Einzelheiten an.

Die Elektroden sollen stets eine dem jeweiligen Zwecke entsprechende Form und Größe besitzen.

Als Material für die Elektroden empfiehlt sich am besten wohlvernickeltes Messing oder Zinn, nur müssen im letztero Falle die Schraubenspindeln oder Schraubenmuttern (wegen der geringen Härte des Zinnes) aus Messing gefertigt sein. Gewisse Elektrodenknöpfe und Platten lassen sich auch vortheilhaft aus Kohle fertigen. Diese Elektrodenansätze müssen nun zunächst an den Stellen, die mit der Körperoberfläche in Berührung kommen sollen, mit einer mindestens 1 *cm* dicken Lage von Badeschwamm bedeckt, und überdies noch mit Leinwand überzogen sein. Das einfache Überziehen derselben mit Barchent oder Flanell (in welcher Adjustirung Elektroden mitunter im Handel vorkommen) genügt ebensowenig, wie die sowohl den stab. als auch den transportablen Batterien seitens ihrer Erzeuger gewöhnlich beigegebenen Elektroden überhaupt, u. zw. weder nach ihrer Zahl, noch Form, noch Größe. Elektroden müssen daher speciell angeschafft werden und sollte jeder Elektrotherapeut deren eine große Auswahl, sowohl knopfförmiger, wie auch plattenförmiger, starrer wie biegsamer, kreisrunder, ovaler, quadratischer, rechteckiger, balkenförmiger etc. besitzen, an denen immer die wirksame (d. h. bei der Galv. mit dem Körper in Berührung kommende) Elektrodenoberfläche in Quadratcentimetern ein für allemal vorgemerkt wäre. Für jeden speciellen Fall wähle man die Elektrode nach Form und Größe so, dass sie sich dem betreffenden Körpertheile genauestens anschmiege und nicht etwa am Sternum der Wirbelsäule etc. (auch nicht stellenweise) hohl liege. Die differente Elektrode soll immer kleiner, die indifferente dagegen möglichst groß sein. Die Größe der differenten Elektrode entspricht bei Affectionen an der Körperoberfläche oder nahe unter der Haut der Größe des Krankheitsherdes, bei tieferm Sitze der Krankheit muss sie dagegen größer sein, als der supponirte Krankheitsherd. Zur lab. und interm. Galv. verwendet man knopfförmige Elektroden von 1—2 *cm* Durchm. oder Platten von 10 cm^2 wirksamer Oberfl. Für die stab. Appl. sollte die wirksame Oberfl. der differenten Elektrode nie unter 10 cm^2 und womöglich über 20 cm^2 betragen. Für manche specielle Appl. empfehlen sich ganz gut v. Ziemssen's Riesenplattenelektroden von 80—120 cm^2; gewöhnlich ist jedoch die Elektrodengröße durch die Form und Ausdehnung der Applicationsstelle beschränkt. Jede Elektrode soll nur wohldurchfeuchtet applicirt werden, u. zw. empfiehlt sich hiezu am besten warmes Wasser. Verdünnte Schwefelsäure oder Kochsalzlösung setzt allerdings den Hautwiderstand noch mehr herab; die Anwendung derselben muss jedoch wegen der üblen Einwirkungen der infolge der Elektrolyse freiwerdenden Producte auf die Haut ernstlich widerrathen werden.

Zur Bestimmung der Stromstärke ist ein verlässliches Galvanometer unbedingt nothwendig.

Ehedem bestimmte man die Stromstärke in höchst primitiver Weise entweder nach dem Gefühle des Patienten oder nach der Elementzahl, den eingeschalteten Rheostatwiderständen etc. Die gewissenhafteren Ärzte prüften den Strom jedesmal an ihrem eigenen Körper und schätzten dessen Intensität nach ihrem subjectiven Gefühle approximativ ab (gleichwie die Hebamme die Temperatur des Bades nach der Empfindung ihres in das Badewasser eingetauchten Ellbogens regulirt). Allein ebenso wie unser Körper bekanntermaßen Temperaturen unter Umständen unrichtig und nie genau zu beurtheilen imstande ist, ebensowenig genügt die Abschätzung der Stromintensität weder nach der eigenen, noch weniger aber nach der Empfindung des Patienten. Es gibt Individuen, welche die geringsten Stromstärken in hohem Grade empfinden und wieder andere, die erhebliche Stromstärken, die schon lebhafte Zuckungen erregen, nicht zu spüren vorgeben. Andrerseits ist die Elementzahl ebensowenig wie der eingeschaltete Rheostatwiderstand ein auch nur annähernd richtiges Maß für die Stromstärke, da der jeweilige Zustand der Elemente, der eventuelle Übergangswiderstand an den Contacten etc. durchaus variable Größen sind, deren jederzeitige reelle Werte sich nur mit Hilfe eines Galvanometers beurtheilen lassen, welches, sollen die Angaben für weitere Kreise verständlich sein, nach absolutem Stromstärkemaß geaicht sein muss.

Außer der Stromstärke ist allemal die Angabe des Flächeninhaltes der wirksamen Elektrodenfläche unbedingt nöthig, da der für

die jeweilige Applicationsart und -Stelle indicirte Stromwert nur durch die Stromdichte $\left(D = \frac{J}{Q} = \frac{\text{Stromstärke in M. A.}}{\text{wirksame Elektrodenfläche in } cm^2}\right)$ in exacter Weise ausgedrückt werden kann.

Betreff der Stromdichte, Stromdauer und Häufigkeit der Sitzungen gilt C. W. Müller's (der praktischen Erfahrung entwachsener) Grundsatz: Leve, breve, saepe (et in loco morbi).

Es ist C. W. Müller's Verdienst, die in der Literatur mehrfach erwähnten Grundsätze der Anwendung schwacher Ströme, der kurzen Stromdauer und häufigen Polapplication zuerst in präciser und klarer Form, illustrirt durch eine Reihe mustergiltig klinisch beobachteter und wahrhaft classisch geschilderter Krankheitsbilder ausgesprochen zu haben. Jeder Praktiker wird aus eigener Erfahrung wissen, dass betreff der Stromstärke das „Vielzuwenig" entschieden dem „Einwenigzuviel" vorzuziehen sei nnd darf man es Theoretikern nicht verargen, wenn sie von ihrem Standpunkte aus über die homöopatbischen Stromwerte lachen, mit denen aber in der Praxis thatsächlich zahlreiche Erfolge erzielt werden. Klagt andrerseits jemand, dass er als Elektrotherapeut wenig Erfolge, dafür aber viele Misserfolge erziele, so sei derselbe hiemit an die p. 320 citirten Worte Lovet's gemahnt: „Dass die gelinde elektrische Behandlung der forcirten (mit hohen Spannungen, i. e. großen Stromstärken) vorzuziehen sei und die letztere die Hauptursache der zahlreichen Misserfolge bilde." 1878 trat Dr. P. Jastschenko für das Princip schwacher Ströme ein: Mit einem Elemente oder nur dem Bruchtheil eines Elementes erzielte er bei Verlängerung der Sitzungsdauer bis auf 15 Minuten vollkommen befriedigende Resultate. Nach C. W. Müller's Publication haben sich zahlreiche Elektrotherapeuten znm Principe der Anwendung schwacher Ströme offen bekannt.

C. W. Müller fand als Durchschnitts-Normal-Stromdichte für die große Mehrzahl der Fälle $D = \frac{1}{18}$, d. h. eine Stromstärke von 1 M. A. bei 18 cm^2 wirksamer Elektrodenfläche; in acuten, erethischen, entzündlichen Fällen muss man unter diese Normalstromdichte gehen und darf sie nur in torpiden Fällen überschreiten, sowie dort, wo man durch einen plötzlich einbrechenden Reiz eine Leitungshemmung überwinden will.

In der Praxis kann man die Normalstromdichte von $\frac{1}{18}$ annäherud gleich setzen der $D. = \frac{2}{36}$, $\frac{3}{54}$ (abgerundet $\frac{3}{50}$), $\frac{4}{72}$ (abg. $\frac{4}{70}$), $\frac{5}{90}$, $\frac{6}{108}$ (abg. $\frac{6}{110}$) etc. Diese Durchschnittsnormalstromdichte wird (falls weder Irritation noch Torpidität vorhanden ist) in der großen Mehrzahl der Fälle angewendet, so z. B. zur long. und transv., stab., lab. u. interm. Galv. des RM., in Fällen chron. Spinalleiden, wie bei Myelitis dors. et transv., Tabes etc., ferner bei der Mehrzahl neuralgischer Affectionen, wie Ischias, Intercostalneuralgie und peripheren Neuralgien; weiters in Fällen von acuten und chron. symptomat., traumat. und rheumat. Gelenksentzündungen, bei Nenritis, der stab. Anodenbehandlung etc. etc. Ist in den angeführten Fällen Torpidität vorhanden, so kann man mit der Stromdichte auf $\frac{1}{14}$, $\frac{1}{10}$, ja bei torpiden Gelenksentzündungen am Fuß oder Knie, selbst bis auf $\frac{1}{6}$ steigen. Zur Beeinflussung der peripheren Nerven im positiven Sinne wählt man $D. = \frac{1}{9}$; noch größere Stromdicbte kann man bei galv. Behandlung der Lumbago verwenden. Zur stab. und interm. Galv. d. o. Extr. wählt man $D. = \frac{1}{6}$, für die u. E. $D. = \frac{1}{5}$; für die Genitalien $D. = \frac{1}{10}$. Größere Stromdichten als $\frac{1}{6}$ wählt man an den Extremitätennerven nur zu einzelnen Schließungen, um Leitnngshemmungen zu durchbrechen. Ist jedoch Irritation (acute Entzündung) vorhanden, zumal bei Neuritis, Neuralgie, Myelitis etc., ferner bei gewissen fuuctionellen Nervenleiden, wie Hysterie, Neurasthenie, Spinalirritation etc., endlich bei gegen die Elektr. außerordentlich reagirenden (impressionablen) Individuen, so muss man mit der Stromdichte weit unter die Norm auf $\frac{1}{35}$—$\frac{1}{45}$ herabgehn. Desgleichen wird das Gehirn in der Regel nur mit Stromdichten von $\frac{1}{30}$—$\frac{1}{24}$, der Nacken mit Stromdichten von $\frac{1}{24}$—$\frac{1}{20}$ behandelt. Bei der Galv. a. H. (nach M. Meyer) erzeugt $D. = \frac{1}{30}$—$\frac{1}{28}$ (bei Stromdauer von 30—40 Sec.) Hirnanämie (schlafmachende Wirkung); $D. = \frac{1}{7}$ dagegen erweitert (bei Stromdauer von 2—3 Min.) die Gefäße.

Die Stromdichte wird gewöhnlich nach der differenten Elektrode, beziehungsweise nach jener, die am erregbareren Punkte oder dem Centralnervensystem näher sich befindet, bestimmt. So z. B. ist bei der transv. Galv. des RM. vom Rücken zum Banch die am Rücken befindliche Elektrode dichtebestimmend. Dies gilt allgemein als Regel

bei oberflächlicher Lage des kranken Theils; bei tiefer Lage desselben wählt man dagegen zur Bestimmung der Stromdichte als wirksame Elektrodenoberfläche das arithmetische Mittel beider Elektroden.

Im Vorliegenden habe ich C. W. Müller's Angaben in Kürze resumirt, denen ich auf Grund meiner 15jährigen elektrotherapeutischen Erfahrung nur beipflichten kann. Rechne ich die von mir in dieser Zeit benützten Stromdichten nach, so habe ich, zumal bei Galv. des Kopfes, entschieden noch geringere Stromdichten erfolgreich verwendet, könnte dagegen zahlreiche Belege dafür anführen, dass größere Stromdichten entschieden von Nachtheil waren. Es gibt allerdings, wie gesagt, Einzelfälle, die auch größere Stromdosen vertragen, ja mitunter nicht ohne Erfolg, das sind aber Ausnahmsfälle. Darüber zu streiten, ob $^1/_{18}$ oder $^1/_{17}$ oder $^1/_{19}$ die wirkliche Durchschnittsnormal-Stromdichte sei, wäre ebenso müßig wie zwecklos. Ich für meinen Theil halte aber daran, dass therapeutische Erfahrung doch eine minder schwankende Basis zur Bestimmung der Stromdichteregeln abgebe — als rein theoretisches Raisonnement

Erwähnt muss noch werden, dass die Berücksichtigung der Stromdichte schon vor C. W. Müller's einschlägiger Publication von verschiedenen Autoren, so z. B. u. A. von Erb, mit Nachdruck empfohlen wurde. Allein, in die präcise Form eines mathemat. Ausdrucks hat zuerst C. W. Müller die Bestimmung der Stromdichte durchgeführt und war er der erste, der für specielle Fälle der Praxis ganz bestimmte Stromdichteregeln aufgestellt hatte.

Die Stromdauer steht zunächst in innigem Connex mit der Stromdichte: je größer nämlich die Stromdichte gewählt wurde, desto kürzer muss die Stromdauer sein, und kann umgekehrt bei geringer Stromdichte die Stromdauer dafür verlängert werden. Bei Galv. des Gehirnes und bei der Galv. a. H. dehne ich die Sitzung in der Regel nicht über 1 und bei der Galv. des RM. nicht über 3 Min. aus. Zur lab. und interm. Galv. wird an jedem Punkte soviel Zeit verwendet, als nöthig ist, um durchschnittlich 40 Striche zu führen. Bei Behandlung von Gelenken kann die Sitzungsdauer 3—5—8 Minuten betragen. Bei stab. Anodenbehandlung und in Fällen von Neuralgien lasse ich die An so lange über dem Schmerzpunkte stab. applicirt, bis nach vorsichtigem Ausschleichen der Schmerz vollständig gewichen ist. Auch bei Ausführung V. A. soll die Sitzung in der Regel nicht über 1 Minute prolongirt werden.

Wird die Galv. a. H. beiderseits ausgeführt, so kommt für jede Seite $^1/_2$ Min. Sitzungsdauer; bei transv. stab. Galv. des RM. (vom Rücken zum Bauch) beträgt die Sitzungsdauer für eine einzige Station 1 Min.; bei 2 Stat. für jede Stat. 50 Sec.; bei 3 Stat. für jede Stat. 30—40 Sec. etc. Je größer die Empfindlichkeit, je frischer der Fall, desto kürzer ist im allgemeinen die Sitzungsdauer. Im allgemeinen wirken kurzdauernde Ströme erregend, recreirend. langdauernde dagegen lähmend, ermüdend, abspannend. Länger dauernde Sitzungen, als hier angegeben, werden nur in speciellen Ausnahmsfällen vorgenommen.

Was die Häufigkeit der Polapplicationen betrifft, so werden die Sitzungen in gewissen Fällen von Neuralgien oder Rheumatismen mitunter mehrmals im Tage wiederholt. Andere acute, rasch verlaufende Leiden behandelt man 5—6mal, chron. Leiden dagegen 2—4mal wöchentlich. In Fällen, in denen ein Erfolg zu erwarten steht, manifestirt sich derselbe bei acuten Leiden gewöhnlich schon nach 3—5—10, bei chron. Leiden doch mindestens nach 20 Sitzungen. Tritt selbst nach 60—80 Sitzungen kein erheblicher Erfolg ein, so unterbreche man die elektr. Behandlung — wofern sie überhaupt noch (etwa solatii causa) fortgeführt werden soll — wenigstens für die Zeit von 6—8 Wochen. Wenn jedoch in chron. Krankheiten auch nur geringe, aber deutlich fortschreitende Erfolge zu verzeichnen sind, empfehlen sich lange Pausen nicht und sind oft von Verschlimmerungen gefolgt.

Was endlich die Behandlung in loco morbi (zuerst von Benedikt mit Nachdruck durchgeführt) betrifft, so ist, wie bereits mehrfach

erwähnt, die Appl. der Elektroden immer so vorzunehmen, dass der eigentliche Krankheitsherd von den dichtesten Stromfäden getroffen wird.

Oft lässt sich die Behandlung auf den Krankheitsherd allein beschränken und ist es in diesem Falle gar nicht nöthig, gesunde Nachbargebilde dem Stromeseinflusse auszusetzen; so z. B. braucht man bei einer Myelit. dors., die sich nur in der Ausdehnung vom 4—6. Brustwirbel nachweisen lässt, nicht etwa die ganze Wirbelsäule zu behandeln: die Galv. a. H. wird gegebenenfalls nur auf der erkrankten Seite vorgenommen; bei Neuralgien werden nur die empfindlichen Punkte behandelt etc. Mitunter muss man allerdings zumal bei nicht genauer Localisationsmöglichkeit des Krankheitsherdes oder zur Anregung von Nutritionsvorgängen im erkrankten Organe außer dem directen locus morbi noch benachbarte Theile in das Bereich der Behandlung einbeziehen, so z. B. bei Gelenksleiden außer dem erkrankten Gelenke auch noch die benachbarten Nervenstämme, Gefäße, Muskeln etc. zur Unterstützung der Ernährungsvorgänge der galvanischen Behandlung unterziehen. Allein auch in diesem Falle wird die am meisten afficirte Partie zuerst berücksichtigt und dann erst weiter gegangen. Der Grundsatz von der Behandlung in loco morbi wird mitunter auch so interpretirt: centrale Leiden sollen central, periphere Leiden sollen peripher behandelt werden. Dies gilt allerdings, nur darf man nicht den locus symptomatis mit dem locus morbi verwechseln und nicht etwa eine periphere Lähmung ausschließlich nur peripher behandeln wollen. Bei dem Umstande, als der Sitz der meisten einschlägigen Krankheiten ein centraler ist, ferner in Berücksichtigung des Umstands, dass die nutritiven Centra selbst für periphere Ernährungsstörungen im Centralnervensystem liegen, wird die centrale Behandlung in der größten Mehrzahl der Fälle indicirt sein. Neben dieser kann man nicht nur, sondern soll man geradezu auch peripher behandeln, u. zw. einerseits, um periphere Störungen direct zu beeinflussen, andererseits aber zur Entfaltung der entschieden nachgewiesenen centripetalen Wirkungen peripherer elektrischer Behandlung.

Von der richtigen Befolgung der hier auseinandergesetzten Grundlehren der modernen Galvanotherapie hängt es ab, ob ein elektrotherapeutisch heilbares Leiden gegebenenfalls wirklich geheilt oder nur gebessert, gar nicht beeinflusst oder sogar verschlimmert wird.

Alle diese 4 Alternativen sind möglich und erzielt der Eine Erfolge, der Andere keine, ein Dritter Misserfolge. Ziel- und planloses Herumelektrisiren wird gewöhnlich zu den zwei letzterwähnten Resultaten führen. Können wir heutzutage unsere Therapie noch nicht ganz und gar auf die Elektrophysiologie allein basiren, so liegt der Grund hiefür darin, dass hüben und druben noch Lücken auszufüllen sind. — Allein deshalb dürfen die elektrophysiologischen Grundlehren, die so manche Frucht am Baume der Therapie gezeitigt haben, ebensowenig übergangen werden, wie die Erfahrungsthatsachen. Aus beiden Quellen schöpfen wir dermalen und sind hiedurch in der Elektrotherapie in manchen Stücken weiter gekommen, als in andern Gebieten der Therapie, so dass jeder Arzt, der mit den Grundelementen der Elektrophysik und Elektrophysiologie vertraut ist, ein tüchtiges klinisches Wissen besitzt und richtige Diagnosen zu stellen vermag, sich in jedem gegebenen Falle einen Plan für sein elektrotherapeutisches Beginnen zu entwerfen in der Lage sein wird. Diesem Plane, der gewonnenen Überzeugung muss er nun treu bleiben, außer er sieht bald ein, dass er aus diesem oder jenem Grunde nicht zum Ziele kommen dürfte, wodann er eine andere Methode einschlagen wird, was jedoch keineswegs in ein ziel- und planloses Herumprobiren ausarten darf. Gewissenhaftigkeit und gründliche Kenntnis des Gegenstandes sind die ersten Grundbedingungen für jeden elektrotherapeutischen Erfolg. Es genügt z. B. nicht, die Elektroden zu appliciren und nach Einschaltung des Stromes einen Blick auf's Galvanometer zu werfen und sich dann um nichts weiter zu kümmern, im Gegentheil muss der Arzt während der ganzen Sitzung von Zeit zu Zeit das Galvanometer beachten und die infolge der Abnahme des Leitungswiderstandes bei Zunahme der Durchfeuchtung der Epidermis ansteigende Stromintensität mittels des Rheostats und Stromwählers immer im gleichen zu erhalten suchen.

Die Faradisation erreichte infolge der (p. 265 besprochenen) verdienstvollen Arbeiten von Duchenne de Boulogne (der durch Einführung der localisirten Anwendung derselben in die Heilkunde eine ganz neue Richtung in der Elektrotherapie anbahnte) viel früher als die Galv. ihren heutigen Grad von Ausbildung und Vollkommenheit

ihrer Technik und Methodik, sowie Präcisirung der Indicationen für ihre Anwendung als diagnostisches und therapeutisches Mittel.

Zur Faradisation ist ein zweckentsprechender (in der Intensität seiner Ströme abstufbarer) Inductionsapparat, der durch ein nicht zu rasch erschöpfbares Element in Thätigkeit gesetzt werden soll, sowie geeignete Elektroden nöthig. Allgemein wurde bisher beklagt, dass die Intensität der Inductionsströme nicht galvanometrisch gemessen werden konnte, aus welchem Grunde auch die Faradisation an Exactheit und Präcision in der Angabe der jeweilig verwendeten Stromwerte entschieden der Galvanisation nachsteht. Ich verwende seit einigen Monaten einen bisher noch nicht beschriebenen Inductionsapparat (dessen ich p. 277 erwähnte), der gleichgerichtete Öffnungs- und Schließungsströme sowie Wechselströme der secundären Spirale und Extraströme (der Primärspirale) liefert. Die Öffnungs- und Schließungsströme sind an diesem Apparate durch einen oscillirenden Disjunctor, nach dem Principe des Wagner'schen Hammers von einander getrennt und bewirken bei kurzem Schluss an meinem (Edelmann'schen großen Einheits-) Galvanometer einen Ausschlag bis zu 3 M. A. Bei Einschaltung des Körpers mittels feuchter Elektroden verringert sich dieser Ausschlag etwa auf die Hälfte und bei Berührung zweier Hautstellen mit den trockenen Stiften der Leitungsdrähte auf etwa $^1/_{10}$ der Anzeige bei kurzem Schluss. Durch Verschiebung der Rollen, sowie durch eingeschaltete Rheostatwiderstände lässt sich der jeweilige Ausschlag am Galvanometer wie beim galv. Str. beeinflussen. Ich hege die gegründete Hoffnung, dass wir durch Einführung dieses Apparats in die Praxis bei Benützung eines entsprechenden sehr empfindlichen Galvanometers auch in der Faradotherapie bald den Grad von Exactheit erreichen werden, den die Galvanotherapie bereits besitzt.

Fig. 134.

Die Elektroden werden je nach der Indication, entweder trocken (Duchenne'scher Pinsel oder Bürste (Fig. 134) oder feucht (Schwammkappenelektroden) benützt. Zu letzterm Zwecke können die bei der Erörterung der Galv. erwähnten verwendet werden.

Die Heilwirkungen inducirter Ströme lassen sich ebenfalls in erregende, modificirende und katalytische zusammenfassen. Um auf die Haut einzuwirken, verwendet man trockene Metallelektroden, hingegen um tiefer gelegene Gebilde zu beeinflussen, wohldurchfeuchtete Schwammkappenelektroden.

Zur Entfaltung der erregenden Wirkungen ind. Str. an der Körperoberfläche (Hautreiz) wird die Pinselelektrode (die andere kann eine beliebig wo stabil gehaltene befeuchtete Schwammkappenelektrode sein) entweder über der Haut verschoben oder aufgesetzt und abgehoben (faradische Pinselung oder Geißelung) oder aber in einer Entfernung von 1—2 *mm* über der Haut gehalten, wobei ein Funkenbüschel deutlich sicht- und hörbar prasselnd auf die Haut übergeht (elektr. Moxe). Die Nerven lassen sich am besten von ihren motor. Punkten aus isolirt erregen, die Muskeln können entweder direct oder vom motor. Nerven aus (indirect) gereizt und hiedurch klonische bis tetanische Contractionen derselben ausgelöst werden. Überdies lassen sich (wie bereits erwähnt) durch cutane Pinselung tiefer gelegene Gebilde auf reflector. Wege beeinflussen. Zur directen Erregung der von Schleimhäuten ausgekleideten, zugänglichen Körperhöhlen (Speiseröhre, Magen, Darm, Harnröhre, Harnblase und Uterus) eignet sich der farad. Str. viel besser als der galv. (weil durch letztern infolge der Elektrolyse die berührten Schleimhautpartien angeätzt werden).

Die Erregung klon. Muskelcontractionen wird zur Hebung der Ernährung durch Anregung der Säfteströmung und zur Einleitung einer förmlichen Gymnastik, um hiedurch die unthätigen Muskeln vor secundären Entartungen zu schützen und geschwächte Antagonisten zu stärken bei verschiedenen Erkrankungen der Muskeln, Sehnen und Gelenke, so z. B. bei Inactivitätssteifigkeit und Parese nach Fracturen, Luxationen, Resectionen, längern Contentivverbänden, sowie infolge abgelaufener Sehnenscheiden-Entzündungen (E. Remak) und bei Pseudarthrosen (Hitzig) mit Vortheil

ausgeführt. Organe, die vorwaltend glatte Muskelfasern besitzen, werden auf diese Weise bekanntlich zur Entfaltung ihrer physiolog. Leistungen angeregt, so z. B. der Magen und Darm zu peristaltischen Bewegungen (die zur Stuhlbeförderung, zur Reposition eingeklemmter Brüche — v. Ziemssen —, zur Coupirung von Anfällen bei Bleikolik — E. Remak — etc. therapeutische Verwendung fanden), die Harnblase, der Uterus, sowie drüsige Organe zur Contraction mit Entleerung ihres Inhalts, beziehungsweise (die Faradisation überdauernden) Verkleinerung ihres Volumens (therapeutisch verwertet bei Blasenlähmung, Enuresis noct., Spermatorrhoë, sodann zur Wehenbeförderung, zur Involution des Uterus post partum, zur Blutstillung, zur Beseitigung von Amenorrhoë und Dismenorrhoë, sowie von patholog. Lageveränderungen des Uterus, endlich zur Contraction der Milz etc.).

Tonische Muskelcontractionen des Zwerchfelles, erzeugt durch farad. Reizung der Nn. phren., werden zur Einleitung der künstlichen Athmung nach Asphyxien (infolge Einathmung von Leuchtgas, Kohlendunst, Chloroform, Äther, Lustgas, Schwefelkohlenstoff, infolge Alkohol- und Opiumgenusses, nach Diphtherie, sowie bei Asphyxia neonatorum) therapeutisch verwertet. Die Methode der Phrenicusreizung besteht darin, dass entweder beide Pole (als wohldurchfeuchtete Schwammkappenelektroden) an beide Phrenici zugleich oder nur der eine Pol am Phrenicus, der andere in die Magengrube gesetzt werden. Den N. phren. trifft man bekanntlich am äußern Rande des Kopfnickers vor der Kreuzung des Omohyoideus; der Kopfnicker wird an der betreffenden Stelle (medialwärts) zur Seite geschoben und man drückt die Elektrode so tief als möglich unter den Muskel gegen die Scalenuslücke ein. Eine der beiden Elektroden soll mit einer Vorrichtung zum Schließen und Öffnen des Stroms versehen sein. Der Strom wird nach je 2—3 Sec. Dauer für ebensolange unterbrochen, um rhythmische In- und Exspirationen anzuregen. Durch die gleiche Polstellung (aber ohne rhythmische Unterbrechung des Stromes) wird auch der Singultus behandelt, nur wählt man zu letzterem Zwecke kleinere, zu ersterem größere Elektroden.

Die modificirenden Wirkungen des farad. Str. beruhen nicht wie beim galv. auf Polwirkungen (An- und Katelektrotonus), sondern sie sind imgrunde eigentlich auch nur erregende Wirkungen und gemahnen nur durch ihren Effect an die modificirenden Wirkungen des galv. Str.

Der Änderung der Hautsensibilität durch farad. Pinselung wurde bereits pag 241 gedacht. Nach Rumpf und Engländer kann man hiedurch eine dauernde Erhöhung der Hautsensibilität und nach Rumpf und Laufenberg eine Herabsetzung der cutanen Schmerzempfindung erzielen. Hierauf beruhen die eminent antianästhesirenden Wirkungen des farad. Pinsels, die denselben zur Bekämpfung aller cutanen Anästhesien als wichtigsten Hautreiz mehr denn jedes andere Mittel geeignet machen, sowie die analgesirende, schmerzstillende, antineuralgische Wirkung farad. Ströme bei Anwendung feuchter Elektroden. Im letzteren Falle wirkt der farad. Str. als Contrastimulus durch Übererregung sensibler Nerven schmerzstillend, wie er in gleicher Weise durch Überreizung motor. Nerven und Muskeln vorübergehende lähmende Wirkungen zu äußern imstande ist Therapeutisch werden dieselben zur vorübergehenden Erschlaffung paralytischer Contracturen nach Hemiplegien benützt. Auch sucht man contracturirte Muskeln durch kraftige Farad. ihrer Antagonisten zu dehnen (Duchenne). Nach R. Remak sollen in Contractur befindliche Muskeln infolge directer Farad. dehnbarer werden.

Rein antiparalytische Wirkungen besitzt hingegen der farad. Str. nicht. Man hat ihn vielfach bei Lähmungen angewendet, um durch Auslösung von Muskelcontractionen und hiedurch bewirkter Vermehrung des Blutgehalts, sowie durch reflector. Beeinflussung des Stoffwechsels der gelähmten Muskeln diese vor Atrophie zu bewahren; allein bei amyotroph. Lähmungen (EaR.) degeneriren die Muskeln trotz Farad., wogegen sie bei rein cerebralen und reinspinalen Lähmungen auch ohne Farad. nicht atrophiren, man somit in diesen Fällen den Kranken die unnöthigen Schmerzen infolge der überflüssigen farad. Behandlung gelähmter Muskeln ersparen kann. Auch die Hoffnung, Leitungshemmungen in den Nerven durch oberhalb derselben angebrachte farad. Reize durchbrechen zu können, hat sich nicht bewährt. Dagegen beleben schwache farad. Ströme die Erregbarkeit der Nerven, wirken also erregbarkeitserhöhend (v. Bezold, Engelmann), starke hingegen setzen die Erregbarkeit, wie oben erwähnt (durch Überreiz), herab. Erregbarkeitsherabsetzung bewirken auch Frommhold's schwellende farad. Str. (schw. far. Str.), die in der Weise angewendet werden, dass bei sitzenden (feuchten) Elektroden die Intensität der farad. Str. durch Verschiebung der Rollen oder mit Hilfe eines in die Stromleitung einge-

schalteten Gärtner'schen Graphitrheostats von Null ganz allmählig bis zur gewünschten größteu Stromintensität gesteigert und nach einer hestimmten Zeit aheımals allmählig bis auf Null vermindert wird. Diese Applicationsmethode farad. Ströme äußert zunächst beruhigende antineuralgische Wirkungen, die besonders in manchen Fällen von Neuralgien mit Vortheil verwendet werden und überdies noch antispastische Wirkungen, die am Facialis gegen Blepharospasmus und Tic convulsif, an den Extremitätennerven zur Hebung coordinator. Beschäftigungsneurosen etc. Verwendung finden.

Handelt es sich um Farad. im Gesichte, an den Sinnesorganen oder am Kopfe, so benützt man Fieher's elektr. Hand, wohei der Patient die Ka hält, während der Arzt das befeuchtete Ansatzende der Au heispielsweise mit der linken Hand umgreift und nun seine eigene befeuchtete rechte Hand als Elektrode benützt. Mitunter ist es für den Arzt unangenehm, den Strom durch seinen ganzen Körper zu leiten, in welchem Falle sich die Applicationsweise von C. W. Müller empfiehlt, der die feuchte Elektrodenplatte in der Ausdehnung von $70 cm^2$ oher dem Handgelenk (der elektr. Hand) festschnallt, wodann der Strom nur die Hand quer durchsetzt. Die elektr. Hand bewirkt, an den Kopf applicirt, Hirnanämie und Schwindel, sie ist daher zur Bekämpfung von Hirnhyperämie indicirt. Ührigens lässt sich der Füllungszustand der Blutgefäße im Gehirn und RM. auch durch periphere farad. Pinselung der Haut auf reflector. Wege beeinflussen; so erzeugt farad. Pinselung der Haut, der Brust, des Rückens und der Arme bei mittlerer Stromstärke und 5—6 Min. Dauer Verengerung der Hirngefäße und Hirnanämie (Nothnagel, v. Basch; cfr. auch p. 253). Nach O. Neumann erzeugen schwache farad. Str., peripher applicirt, auf reflector. Wege Beschleunigung der Blutcirculation mit verstärkter Herzaction und Verengerung der Blutgefäße, während starke Ströme entgegengesetzte Effecte hahen sollen. Energische farad. Pinselung der Haut vermindert übrigens auch direct durch Erzeugung von Hauthyperämie die Fluxion des Blutes zu tiefer gelegenen Organen (selbst zum RM.), wirkt daher ableitend als ein kräftiges Revulsivum. Auf diese reflector. Wirkungen farad. Pinselung circumscripter Hautstellen beruht die Behandlung der Tabes dorsalis, sowie anderer chronischer Rückenmarkskrankheiten.

Die katalyt. Wirkungen des farad. Str. sind durch zahlreiche praktisehe Erfolge sichergestellt. Sie werden sowohl durch den farad. Pinsel, wie durch Anwendung feuchter Elektroden herbeigeführt.

Die Erregung der Blutgefäße durch farad. Ströme (vasomotor. Wirkungen) wurden im Vorigen mehrfach erörtert; dass der farad. Str. auf reflector. Wege auch trophische Wirkungen entfalten dürfte, ist höchst wahrscheinlich; nur seine chemischen Wirkungen wurden in Zweifel gezogen. — Indessen überzeugte ich mich mit Hilfe eines einfachen Wasserzersetzungsapparats (Voltameters), dass selhst der Wechselstrom (der II. Spirale) der bisherigen Apparate schwach angesäuertes Wasser zu zersetzen imstande sei. Die resorhirenden Wirkungen des farad. Str. hei Lumbago, bei Gelenksentzündungen, bei Ascites, hei Lymphdrüsenschwellungen etc. gehen Zeugnis, dass auch dem farad. Str. katalyt. Wirkungen eigen sind und erweitern die Indicationen für die Anwendung desselben. Größere elektrolyt. Wirkung als die Inductionsapparate mit Wechselströmen liefern die magnetelektr. Inductionsapparate (Rotationsapparate); diese werden wieder in ihrer elektrolyt. Leistung von dem p. 277 und 340 besprochenen Inductionsapparat mit gleichgerichtetem galvanometrisch messbaren Str. ühertroffen

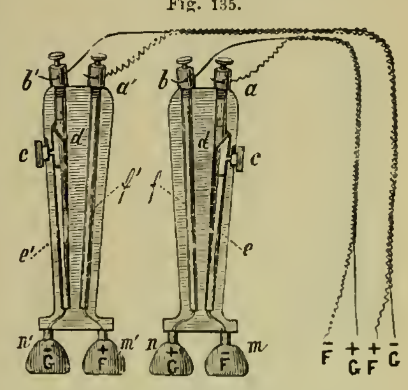
Im Vorliegenden wurden die Grenzen für die locale Galv. und Farad. gezogen. Aus dem Erörterten ist zu ersehen, dass manche Indicationen für den galv. und farad. Str. gemeinsam sind. Aus diesem Grunde haben denn auch einige Autoren gegen manche Krankheiten beide Stromarten in einer Sitzung nacheinander angewendet; andere hinwieder vereinigten dieselben mit Hilfe eigener Stromsehalter oder eigens gefertigter Doppelelektroden zur sogenannten **Galvanofaradisation**, u. z. sowohl um Zeit zu ersparen, wie auch von theoret. Anschauungen geleitet, denen gemäß einerseits der galv. Str. elektrotonisirend (erregbarkeitsverändernd), der farad. erregend wirken, andrerseits den erschöpfenden Wirkungen des farad. Str. durch die erfrisehenden des galv. möglichst entgegengearbeitet werden sollte.

Zur Galvanofaradisation haben u. A. de Watteville und Lewandowski Stromschalter angegeben, mit Hilfe deren beide Stromarten in je eine Elektrode vereinigt werden, — Stein hingegen, Doppelelektroden, Fig. 135, empfohlen (und bei E. M.

Reiniger in Erlangen) ausführen lassen, die den galv. und farad. Str. getrennt dem Körper zuleiten. Durch Einschaltung der freien Enden der Kabeldrähte kann man beiden Stromarten die gleiche oder entgegengesetzte Richtung geben; die Schieber-Contactknöpfe *c* gestatten entweder den galv. (G.) oder den farad. Str. (F.) nach Belieben ein-, beziehungsweise auszuschalten. (Ähnliches strebt Clemens mit seiner Spiralenbatterie an.)

Betreff der Stromdosirung gelten die bereits angeführten Regeln. Die Galvanofarad. ist nach de Watteville hauptsächlich bei atroph. Paralysen, bestimmten Formen von Neuralgien, Spasmen, rheumat. Affectionen etc. indicirt.

Fig. 135.



Der aufmerksame Leser der neuern Publicationen über Elektrotherapie wird finden, dass der eine Autor vorzugsweise die Galv., der andere hauptsächlich die Farad., der dritte wieder die Galvanofarad. oder die später zu erörternden Methoden der allgemeinen Farad. und Galv. etc. zur Behandlung derselben Leiden mit Erfolg angewendet hat. Diesen Erfahrungsthatsachen suchte Engelskjön 1884 und 1885 ein System phantastischer Theorien entgegenzustellen, wonach der galv. und farad. Str. antagonistisch wirken, somit gegebenenfalls nur der eine von beiden indicirt, der andere aber direct contraindicirt sei, indem der eine (als positiver, d. h. wirksamer) Strom das Leiden günstig, der andere (als negativer, d. h. unwirksamer) hingegen ungünstig beeinflusse. Die geeignete Stromart sei stets durch Vornahme einer Gesichtsfeldmessung zu bestimmen, indem der geeignete Strom das Gesichtsfeld erweitere, der ungeeignete dasselbe verengere! Auch für die centrale oder periphere Elektrisation wollte E. auf gleiche Weise bestimmte Indicationen aufstellen. Die E.'schen Theorien, zunächst seine Angaben über Gesichtsfeldmessungen wurden von Konrad und J. v. Wagner nach eingehenden Untersuchungen als Irrlehren zurückgewiesen, auch Erhardt's und Leegaard's einschlägige Controlversuche haben zu Ungunsten der Hypothesen E.'s entschieden

---

Die bisherigen Erörterungen bezogen sich einzig und allein auf die localisirte Anwendung des galv. und farad. Str. In neuerer Zeit wird jedoch wie p. 322 erwähnt, auch die **allgemeine Galv. und Farad.**, sowie eine unter dem Namen **centrale** oder **pancentrale Galv.** bekannt gewordene Methode von zahlreichen Ärzten mit Erfolg angewendet.

Nach Beard und Rockwell ist nämlich die Elektr., sobald sie den gesammten Organismus möglichst vollständig beeinflusst (allgemeine Elektrisation), nicht nur ein Reizmittel, sondern auch ein, zumal bei mannigfachen Schwächezuständen und gestörter Ernährung, sehr wirksames Tonicum, Alterans, Stimulans und Sedativum. Man verwendet zur allgem. Elektr. den farad. Str. (allgemeine Faradisation) oder den galv. Str. (allgemeine Galvanisation), sowie auch eine Combination beider (die allgem. Galvanofaradisation) Außerdem haben die genannten Autoren noch eine auf die Centralorgane des Nervensystems möglichst ausgedehnte Galvanisationsmethode als centrale Galv. empfohlen.

Das Hauptprincip der allgem. Elektrisation besteht darin, dass die Ka als möglichst großflächige Elektrode an die Fußsohlen oder das Gesäß applicirt, die An dagegen nach und nach mit der gesammten Körperoberfläche in Berührung gebracht wird; die Ströme können hiebei stabil oder labil, continuirlich oder unterbrochen, gleichförmig oder schwellend je nach der Indication angewendet werden. Als positive Elektrode benützt man entsprechende Schwammelektroden oder die elektr. Hand.

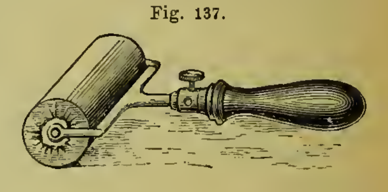
Als Fußelektrode verwenden Beard und Rockwell eine erwärmte trockene Kupferplatte (wenn jedoch die Stromdurchleitung durch die Knöchel zu schmerzhaft ist, lassen sie den Patienten sich auf dieselbe setzen und appliciren einen feuchten Schwamm an den Steiß), Benedikt ein warmes Fußbad; Väter legt auf die erwärmte Kupferplatte ein in warmes Salzwasser getauchtes Flanelltuch, das er über den Fußrücken des

Patienten schlägt, oder er benützt (zumal bei Frauen) mit befeuchtetem Flanell ausgekleidete Unterschenkelschienen aus Kupferblech. Ich wende als Fußelektrode eine große viereckige Wärmflasche aus starkem Weißblech, die mit einer dicken Lage in Wasser getränkten Filzes bedeckt ist, an. Als positive Elektrode verwendet man eine große, mit einer dicken Schwammkappe bedeckte Plattenelektrode (von mindestens 30 cm^2 wirksamer Oberfläche) mit bequemer Handhabe oder die Stein'sche Elektrode mit Selbstbefeuchtungsvorrichtung Fig. 136 (an der die Montirung der hohlen gläsernen Handhabe mit der Polklemme sich abschrauben lässt, um Flüssigkeit in dieselbe einzufüllen, mittels der man die Filz- oder Schwammlage des Applicationsendes befeuchten kann, indem man die Polklemme etwas nach abwärts drückt, wodurch ein Kegelventil geöffnet wird und einige Tropfen Flüssigkeit zum Flanell oder Badeschwamm gelangen; lässt man mit dem Drucke nach, so schließt die in der Fig. ersichtliche Spiralfeder das erwähnte Ventil und man ist auf diese Weise des Eintauchens der Elektrode in ein Wassergefäß überhoben) oder die Stein'sche Massirrolle Fig. 137 (welche eine mit Flanell und Leinwand überzogene Walze aus Metall oder Kohle besitzt), die zur Elektromassage der zu behandelnden Muskeln dient.

Fig. 136.



Fig. 137.



Die Methodik der allgem. Farad. (nach Beard und Rockwell, sowie Väter) besteht darin, dass zunächst die elektr. Hand (bei Benützung eines schwachen Str.) an die Stirne stabil applicirt, dann über die geschlossenen Augenlider sanft hin- und herbewegt, sodann an den Tragus der einen Seite (zur Erregung des Gehörapparats und des Trigeminus) und von hier an die betreffende Halsseite geführt wird (um am Vorderrande des Kopfnickers den Symp. und an seinem Hinterrande den Plex. brach., sowie den Vagus zu treffen und durch diesen wieder auf den Magen, durch das Cervicalgeflecht dagegen auf die obere Extremität einzuwirken); über dem Larynx wird sodann die Tour längs der andern Halsseite zum Tragus, den Augenlidern und der Stirne vollendet. Hierauf placirt man die Schwammelektrode stabil zwischen dem 5. u. 7. Halswirbel an das Centrum ciliospinale und führt sie hierauf in sanften Zügen längs der ganzen Wirbelsäule, u. zw. sowohl zu beiden Seiten der Dornfortsätze, wie auch über denselben nach ab- und aufwärts. Diese Procedur erweist sich auch in diagnostischer Richtung mitunter von Nutzen. Ist nämlich keine Rückenmarkserkrankung vorhanden, so verursacht diese Manipulation keinen Schmerz; bei Affection des RM. hingegen wird selbst bei mäßigem Str. (während des Überfahrens der Dornfortsätze) das RM. mitunter in seiner ganzen Ausdehnung schmerzhaft empfunden. Die Extremitäten werden unter kräftigem Andrücken der Elektroden bei Anwendung einer zur Auslösung deutlicher Muskelzuckungen nöthigen Stromstärke ihrer ganzen Länge nach sowohl an den Streckseiten, wie auch an den Lateral- und Beugeseiten mehrmals labil behandelt. Unter dem Scapularwinkel wird die Elektrode mit sanftem Drucke beiderseits längs des Rippenrandes nach vorn geführt, um auf Nieren, Milz und Leber einzuwirken. Sodann wird die Elektrode in verticaler und transversaler Richtung (längs der Rippen) mehrmals über die vordere und rückwärtige Fläche des Thorax geführt, weniger zur directen Beeinflussung der Intrathoracalorgane (was eher indirect am Halse durch den Vagus und Sympathicus möglich ist), als vielmehr zur Kräftigung der Brustmusculatur (von der sich einige Autoren, so z. B. u. A. Bastings, Schwalbe, Weisflog etc., bei gewissen Lungenkrankheiten, z. B. Lungenschwindsucht, günstige Erfolge versprechen). Dagegen sind die Baucheingeweide von den Bauchdecken aus, zumal bei tiefem Eindrücken der großen Schwammelektrode und langsamem Spiel des Wagner'schen Hammers (höchstens 3—4 Intermissionen während 1 Sec.) mit entsprechend intensivem Str. direct erregbar; es wird daher die Elektrode vorerst in beiden Hypochondrien, sodann im Epigastrium stabil applicirt und hernach die Vorderseite des Bauches, die seitlichen Partien desselben und der Rücken ziemlich energisch labil behandelt. — Auf die Geschlechtsorgane wirkt man indirect vom Lendenmark aus oder auch von der Regio hypogastrica, sowie direct ein; die Prostata trifft man vom Perineum aus. Die weibl. Genitalien werden von der untern Bauchgegend aus erregt.

Die Stromstärke muss in den ersten Sitzungen möglichst schwach, am Kopf immer in möglichst geringer Intensität benützt werden und kann am Rumpfe und den Extremitäten, zumal bei Wiederholung der Sitzungen bis zur Auslösung kräftiger

Muskelzuckungen (selbst trotz geringer Schmerzen) gesteigert werden. Die Dauer einer Sitzung variirt von 8 bis 30, ja mitunter selbst bis zu 45 Min. Dem erkrankten Organe widme man stets die größte Zeit und Berücksichtigung. Jedoch ist es nicht immer nothwendig, sämmtliche Applicationen in einer jeden Sitzung in der hier skizzirten Vollständigkeit auszuführen, im Gegentheil, kann man dieselben auf mehrere Sitzungen vertheilen und beispielsweise in der einen vorzugsweise Kopf und Hals, in der andern den Rumpf und in der dritten die Extremitäten behandeln und in jeder Sitzung die übrigen Theile nur einmal in der angegebenen Weise mit der Elektrode überfahren. Die Behandlungsdauer richtet sich nach dem Krankheitsprocesse und variirt zwischen mehreren Wochen bis zu vielen Monaten, ja selbst über ein Jahr; man kann alle Tage, jeden 2. oder 3. Tag etc. elektrisiren. Bei längerer Behandlungsdauer treten nach einer gewissen Anzahl Sitzungen entsprechende Pausen ein.

Die Methodik der allgem. Galvanisation (zunächst von Väter ausgebildet) unterscheidet sich von jener der allgem Farad. dadurch, dass dort das Hauptaugenmerk darauf zu richten ist, um am Rumpf und den Extremitäten möglichst intensive Muskelzuckungen zu erzielen, hier dagegen die Muskelzuckungen womöglich ganz vermieden werden müssen und man vielmehr mit schwachen Strömen auf die Nervencentra," -Plexus und -Stämme einzuwirken sucht; ferners ist hier die Stromstärke, beziehungsweise Stromdichte mit den bekannten Mitteln stets genau zu reguliren, zu controliren und nur eine große Schwammelektrode (30 cm^2) als An zu verwenden, die überdies während der ganzen Applicationsdauer vom Körper nicht abgehoben, sondern nur über die Hautoberfläche desselben verschoben, beziehungsweise an gewissen Stellen (H = Haltstelle) stabil applicirt werden soll. Väter unterscheidet hiebei 2 obere, 2 untere, 1 Kopf- und 1 Rückgrattour. Die obere Tour wird ausgeführt, indem man die An zwischen 5. u. 7. Halswirbel (an das Centrum ciliospinale) stabil applicirt, den Strom einschaltet und regulirt (H), sodann von hier langsam über die Seitenpartie des Halses bis in die Fossa auriculo-maxill. (H) führt, und von da längs des Vorderrandes des Kopfnickers zunächst bis zum Manubr. sterni, sodann quer nach außen zum Plex. brach. (H) und hierauf über den M. pector in den Sulc. bicipit. int. zum N. med. (H) und zum Reizpunkte des N. uln. (H), von hier sodann längs der Flexoren des Vorderarms bis zur Ulnarseite der Handwurzel und schließlich zur Radialseite derselben gleiten lässt, woher der Rückzug über die Extensoren des Vorderarms, zur Reizstelle des N. rad. (H), von da über den Triceps zum Deltoid., sodann in die Fossa supraclav. (H) und von hier zum Ausgangspunkte zwischen dem 5. u. 7. Halswirbel ausgeführt und hier der Strom allmählig bis auf Null ausgeschlichen wird. In derselben Weise wird die zweite obere Extremität behandelt. Nach der 2. obern Tour wird mit der Elektrode einigemale längs der Wirbelsäule nach auf- und abwärts gestrichen (Rückentour). Die Kopftour besteht in dem Verschieben der Elektrode vom Nacken zum Proc. mast. der einen Seite, von diesem um das Ohr herum zur Schläfengegend, von hier über die Stirn zur Schläfengegend der andern Seite und von da in der angedeuteten Weise über den Proc mast. zum Ausgangspunkte am Nacken zurück. Die untere Tour beginnt von der Lendengegend der Wirbelsäule aus über die seitliche Bauchgegend zum N. crural. vor dem Lig. Poup. (H), geht sodann längs des M. sartor. in die Kniekehle zum N. tibial. (H), von da über die Wadenmuskeln nach abwärts und zurück nach aufwärts zum N. peron. (H), von hier über die hintere Partie des Oberschenkels zum N. ischiad. (H) und von da schließlich über die Glutaei zum Ausgangspunkte an der Wirbelsäule zurück. Jede obere Tour erfordert 2—3 Min., die Kopftour höchstens $^1/_2$ Min., die Rückgrattour weniger als $^1/_2$ Min. und jede untere Tour ebenfalls 2—3 Min. Jenen Körpertheilen, die einer Localbehandlung bedürfen, wird hiebei eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Die Methodik der centralen (nach Väter pancentralen) Galv. besteht in der stab. Appl. der Ka als große, wohldurchfeuchtete Schwammelektrode (von mindestens 90 cm^2 wirksamer Oberfl.) in das Hypogastrium und der allmähligen Verschiebung der An (Schwammelektrode von 30 cm^2) an der Stirn, u. zw. von der einen Seite derselben zur andern, sodann auf das cranielle Centrum Beard's, nämlich auf die Kuppe des Schädeldachs zwischen beiden Ohren (über die wohldurchfeuchteten Haare) von hier an das Hinterhaupt und von da längs des innern Randes des Kopfnickers in die Fossa auriculo-maxill. und dann zur Clavicula der einen, sodann in gleicher Weise der andern Seite, von hier über die Seitenfläche des Halses zum Centrum ciliosp. (zw. 5. u. 7 Halsw.), sodann einigemale längs der Wirbelsäule nach auf- und abwärts. Die Dauer der Sitzung beträgt 10—15 Min.; die Stromstärke ist nach allgemeinen Principien zu regeln und darf im ganzen nur gering sein.

Was die Wirkungen der allgem. Farad. betrifft, so unterscheiden die genannten Autoren primäre oder stimulirende, secundäre oder reactive

und permanente oder tonische. Zu erstern gehören: Erquickung, Erheiterung, Neigung zum Schlaf, Linderung von Schmerzen und Mattigkeit, Beeinflussung der Körpertemperatur, Regelung des Pulses, andererseits aber auch leichte Ohnmachtsanwandlungen, kalte Schweiße an Händen und Füßen, sowie Zittern des Körpers und der Extremitäten, mitunter Hungergefühl und Bedürfnis, Blase und Mastdarm zu entleeren. Die reactiven Wirkungen, bestehend in Schmerzen am Halse, Rumpfe und den Extremitäten oder im Gefühle allgem. Abspannung, sind nur einzig und allein Folgen ungeschickter Manipulation und lassen sich bei der nöthigen Vorsicht vollkommen und sicher beseitigen. Als tonische Wirkungen werden angeführt: Besserung des Schlafs, Vermehrung des Appetits, Besserung der Verdauung, Regelung der Functionen der Eingeweide, Regelung der Blutcirculation, Hebung der Nervosität und der psychischen Depression, Linderung der Schmerzen, Hebung der Kräfte, Verbesserung des Allgemeinbefindens, beträchtliche Zunahme der Masse und Festigkeit der Muskeln, sowie des Körpergewichts, Kräftigung des Gedächtnisses, Befähigung zu geistiger Arbeit, Hebung des sexuellen Vermögens beim Manne, Beseitigung der Amenorrhoë, Dysmenorrhoë und Menorrhagie beim Weibe etc. Damit aber diese bleibenden Wirkungen eintreten, muss man auch nach und nach durch stärkere Ströme die Muskeln zu kräftigen Contractionen veranlassen.

Diesen ähnlich sind die Wirkungen der allgem. Galv. Die Wirkungen der centralen Galv. äußern sich in bemerkenswerten tonischen Effecten, Besserung des Schlafs und Appetits, Stärkung der Muskeln, Hebung der Geisteskräfte und Aufheiterung, wogegen die Vermehrung des Körpergewichts nur durch die allgem. Farad. erzielt werden kann.

Als Indicationen für die allgem. Elektrisation werden von den genannten Autoren angeführt: *a)* Alle jene Krankheiten, die durch Beeinträchtigung der Ernährung oder allgem. Schwäche der vitalen Functionen bedingt sind, wie z. B. nervöse Dyspepsie, Neurasthenie, Anämie, Chlorose, Hysterie, Hypochondrie, gewisse Paralysen und Neuralgien constitutionellen Ursprungs, Rheumatismus, einige Formen von Chorea, nicht selten auch Functionsstörungen der Genital- und Verdauungsorgane. *b)* Alle Krankheiten, deren Ursache sich nicht mit Sicherheit angeben lässt, indem man hiebei jedenfalls auch den Krankheitssitz afficirt und andererseits die allgem. Ernährung hebt, die wieder auf die locale Erkrankung günstig zurückwirkt. *c)* Gewisse unheilbare Erkrankungen, die constant von Ernährungsstörungen begleitet werden als: Paralysis agitans, verschiedentliche cerebrale und spinale Lähmungen, spätere Stadien der Tabes, Gicht, Epilepsie etc., in welchen Fällen durch die allgem. Elektrisation die fortschreitende Abmagerung gehindert, die Nervosität, Schlaflosigkeit und allgem. Schwäche gebessert werden.

Will man vorzugsweise das Nervensystem beeinflussen, so ist die allgem. Galv. indicirt; will man hingegen mehr auf die Oberfläche der Haut und das Muskelsystem einwirken und vorzugsweise tonische Effecte erzielen, so wähle man die allgem. Farad. Contraindicirt ist die allgem. Elektrisation in allen jenen Fällen, in denen trotz der vorsichtigsten und mildesten Anwendung nach 3—4 Sitzungen nicht nur keine Besserungen auftreten, sondern vielmehr üble Zufälle vorkommen, nach jeder Sitzung z. B. heftige Reizerscheinungen beobachtet werden.

Die centrale Galv. ist nach Beard in allen Schwächezuständen mit großer Erschöpfung des Nervensystems, in denen die Muskelkraft und allgem. Ernährung noch nicht bemerkenswert gelitten haben, somit

in gewissen Fällen von Neurasthenie, Hysterie, Hypochondrie, verschiedenen Psychosen u. Neuralgien, Angina pectoris, Chorea, nervöser Dyspepsie, Cephalalgien sowie bei verschiedenen Hautkrankheiten indicirt. Wenn jedoch die Ernährnng gelitten und Muskelschwäche vorhanden, ist die allgem. Farad. vorzuziehen. Besonders wirksam erweist sich die Combination beider. Was die Erfolge anbelangt, so stimmen alle Autoren überein, dass die allgem. Elektrisation staunenswert günstige Behandlungsresultate aufweise.

Zur Bekräftigung des Gesagten seien hier drei Fälle F. Fischer's[1]) und eine eigene Beobachtung in aller Kürze referirt: *a)* 30jährige Frau mit melancholischen Angstzuständen, Zwangsvorstellungen und Hallucinationen, Herzpalpitation, Schlaflosigkeit, clonischen Zuckungen in den Füßen und Unregelmäßigkeit der Periode. Krankheitsdauer 10 J.; allgem. Farad., 24 Sitzg. innerhalb 6 Wochen: Heilung bis auf zeitweises Auftreten von Kopfweh und zeitweiligen Herzpalpitationen. *b)* 35jähriger Mann, an Neurasthenie leidend; Nachschleifen des Beines, Schmerz im Rücken und r. Fußgelenk, Eingenommensein des Kopfes, Gefühl allgem. Schwäche und Hinfälligkeit; nach 29 Sitzgn. allgem. Farad. genesen — bis auf die Schwäche im Fußgelenk. *c)* 12jähriges Mädchen, Chlorose, Kopfweh, Erbrechen, Schlaflosigkeit, große Müdigkeit etc.; 26 Sitzgn. in 2 Monaten: Genesung (Fr. Fischer.)

Der Fall meiner eigenen Beobachtung betrifft einen 39 J. alten Mann, der hereditär belastet, in seiner Jugend viel masturbirt, als Jüngling in Baccho et Venere excedirt und im reiferen Alter (Reserveofficier u. Staatsbeamter) als Vater von 4 Kindern mit mäßigem Einkommen ein sorgenreiches Leben führte nnd noch die Strapazen der bosnisch-herzegow. Occupationscampagne mitmachen musste. Zurückgekehrt, arbeitete er übermenschlich (nach Aussage seines Amtsvorstandes für fast 3 Durchschnittsbeamte) und brachte es durch Eifer und eine aufreibende Thätigkeit dahin, dass über seinen Vorschlag ganze Geschäftszweige seines Ressorts abgeändert wurden, infolge dessen er zweimal außertourlich avancirte. So arbeitete er tagtäglich bis spät in die Nacht im Amte — bis ihm eines Tags beim Überblicken einer langen Zahlenreihe die Ziffern durcheinander schwammen und ein Druck im Hinterhaupt sich mit solcher Heftigkeit einstellte, dass er umzusinken drohte. Dieser Druck stellte sich in der Folge jedesmal ein, wenn er an seinem Arbeitstische auch nur einige Min. gesessen, was eine hochgradige psychische Verstimmung und quälendes Angstgefühl verursachte. R., ein zwar begabter und hochverdienter, aber noch nicht pensionsfähiger Beamter, ohne jedes Privatvermögen, bloß auf sein Gehalt angewiesen, dabei Familienvater, sah sich in seinem dumpfen Hinbrüten von völliger Dienstuntauglichkeit und dem consecutiven gänzlichen Ruin seiner Familie unabwendbar bedroht. Zu den vorerwähnten Symptomen gesellte sich bald ein heftiger Rückenschmerz, zumal in der Kreuzbeingegend, völliger Verlust des Appetits, hartnäckige Obstipation, ein Gefühl von Schwere und Unbehaglichkeit im Unterleibe und Pollutionen bei mangelnder Erection. Zeitweise, zumal nach den paroxysmusartig auftretenden Hinterhauptsschmerzanfällen, stellte sich vorübergehend gänzlicher Verlust des Gedächtnisses ein; die Nächte verbrachte R. völlig schlaflos, gequält von Herzpalpitationen und beständiger Todesangst. In diesem Zustande, nachdem er bereits fast ein Jahr undienstbar gewesen, und mannigfache Medicationen, sowie verschiedentliche Badecuren vergeblich gebraucht hatte, wurde er von einem Amtscollegen an mich gewiesen. Ich fand bei der eingehendsten Untersuchung objectiv keine Störung der Sinnesorgane, noch der Articulation der Sprache, keine Alteration der Motilität, noch der Sensibilität; auch die Intrathoracal- und Abdominalorgane boten objectiv normale Befunde. Dagegen waren die Hautdecken fahlgelb, die Musculatur schlaff, der Blick trüb und matt, die Sprache monoton, fast nur flüsternd, die Stimmung höchst deprimirt, Patient stets zum Weinen geneigt. Der erste Besuch war der Anamnese gewidmet, der zweite sollte der genauen (zumal elektr.) Untersuchung dienen und beim dritten mit der Behandlung begonnen werden. Zum ersten Besuche kam R. allein; jedoch hatte er den 15 Min. weiten Weg zu mir in einer Stunde zurückgelegt. Zum zweiten Besuche kam er im Wagen; er bekam nämlich auf der Straße so heftiges Angstgefühl, dass er umkehren und einen Wagen nehmen musste. Zum dritten Besuche kam er in Begleitung eines Verwandten. Nachdem ich die Diagnose auf universelle Neurasthenie gestellt, begann ich die Behandlung mit der allgem. Farad., indem ich bei der ersten Sitzung auf minimale Stromintensitäten, kurze Applicationen und vorzugsweise Beeinflussung des Hinterhauptes, Nackens, der seitlichen Halspartien, des

[1]) Arch. f. Psych. XII, 3.

Unterleibes und Rückens achtete. Schon die erste Sitzung hatte eine Besserung des Allgemeinbefindens und des Schlafes zur Folge. Nach der dritten Sitzung begann die Darmthätigkeit ohne jedes Medicament; zur fünften Sitzung kam R. allein in 30 und zur zehnten in 20 Min. zu mir; nach der zwanzigsten Sitzung war der Hinterhaupt- und Rückenschmerz fast vollständig geschwunden. Nach 35 Sitzungen war R. soweit gekräftigt, dass er seine amtliche Thätigkeit wieder aufnehmen konnte — allerdings nicht wie vorher, (da er für Drei gearbeitet hatte), aber nach seiner eigenen Aussage doch schon mit drei Viertel Arbeitskraft eines Durchschnittsbeamten.

Nach einer Pause von sechs Wochen wurde die Behandlung wieder aufgenommen; während jedoch früher jeden dritten Tag elektrisirt wurde, beschränkte ich nunmehr die Sitzungen auf zwei in der Woche. Nach zwanzig weiteren Sitzungen konnte ich den Kranken vollkommen genesen entlassen. Seit zwei Jahren amtirt er ungestört zu seiner und seiner Vorgesetzten vollen Zufriedenheit und erklärte mir vor kurzem, dass er gut schlafe, guten Appetit habe, sowie, dass die Herzpalpitationen gleich dem Hinterhaupt- und Rückenschmerz vollkommen geschwunden seien.

Eine von den bisher geschilderten Methoden differente Anwendungsweise der allgem. Elektrisation bilden die p. 322 erwähnten **hydroelektrischen** oder kürzer **elektrischen Bäder**.

Zur Verabreichung elektr. Bäder ist zunächst eine Badewanne aus isolirendem Material (Holz, Cement, Porzellan) oder eine innen entsprechend isolirte Metallwanne nöthig. Diese wird mit reinem Wasser von 32—35° C. beschickt und der Kranke in derselben so untergebracht, dass er, falls die Wanne aus Metall wäre, dieselbe nirgends mit seinem Körper direct berühre. Am einfachsten ist es, die Metallwanne am Boden und den Seiten mit einem nicht zu weitmaschigen Gitter aus dünnen Holzstäben zu versehen; nur müssen diese an den Seiten höher reichen als der Rand der Wanne, damit der Kranke allhier nicht an das Metall ankomme. Weniger empfehlenswert ist die Lagerung des Kranken in einer Hängematte im Bade. In das Badewasser wird nun entweder bloß ein Pol der Elektricitätsquelle (in Form einer großen, durch ein entsprechendes Holzgitter allseitig isolirten Metallplatte) eingetragen (monopolares Bad), oder es werden beide Pole in das Badwasser versenkt (bipolares Bad). Beim monopolaren Bad wird der zweite Pol außerhalb der Wanne zu einem Querstabe oder einem Ringe aus Metall geführt, der, mit Leinwand überkleidet und wohlbefeuchtet, von dem Badenden mit den Händen umfasst wird, oder aber man applicirt den zweiten Pol noch unter dem Wasser mittels der von Trautwein angegebenen (von Eulenburg als dankenswerter Fortschritt begrüßten) Rückenkissenelektrode aus Gummi am Rücken oder Nacken des Kranken. Je nachdem der galv. oder farad. Strom durch das Badwasser dem Körper des Kranken zugeführt wird, unterscheidet man das galv. und farad. Bad. Weiters wird noch beim monopolaren Bade von einem Kathoden- oder Anodenbade gesprochen, je nachdem das Badwasser die Ka oder An darstellt.

Nach Eulenburg, v. Ziemssen etc. befindet sich der Körper des Patienten im bipolaren Bad in Nebenschließung; Stein widerlegt diese Anschauung und sucht[1]) nachzuweisen, dass der menschliche Körper im bipolaren Bade sich ebenfalls (wie im monopolaren) in der Hauptschließung befinde. Mit den elektr. Bädern verbindet Trautwein noch vortheilhaft eine elektr. Douche (wobei das Wasser in der Wanne den einen, das der Douche den anderen Pol bildet).

Als Stromquelle verwendet man für das galv. Bad eine entsprechende Batterie aus vielen kleinzelligen (Siemens-, Halske- oder Leclanché-) Elementen, für das farad. Bad hingegen einen geeigneten Inductionsapparat, u. zw. nach Stein für das monopolare Bad den Strom der Secundärspirale und für das dipolare Bad den Strom der Primärspirale.

Nach A. Eulenburg, der als der erste in exact wissenschaftlicher Weise die physiolog. und therapeut. Beziehungen der elektr. Bäder gründlich studirt und die Resultate dieser Studien in einer Monographie unter dem Titel: „Die hydroelektr. Bäder etc.“ [2]) niedergelegt, bildet diese Anwendungsart der Elektr. eine in vieler Beziehung besonders bequeme, günstige und manchmal vielleicht geradezu die zweckmäßigste Methode der allgem. Elektrisation (zumal bei Frauen, bei denen die allgem. Elektrisation mitunter aus verschiedenen Rücksichten, so z. B. wegen des Schamgefühls, absolut nicht durchgeführt werden kann, wogegen das elektr. Bad bei Verwendung

---

[1]) U. a. in seinem Lehrb. der allg. Elektr. des menschl. Körpers. 3. Aufl., 1886.

[2]) A. Eulenburg, Die hydroelektr. Bäder, kritisch und experimentell auf Grund eigener Untersuchungen bearbeitet. Wien, Urban & Schwarzenberg, 1883.

langer Badehemden und einer verlässlichen Badedienerin viel eber anwendbar ist). Überdies ist noch zu bedenken, dass im elektr. Bade, infolge der Durchweichung der Haut, der Widerstand der Epidermis viel bedeutender sinkt als bei Appl. feuchter Elektroden und dass somit hier selbst der farad. Strom viel tiefer in den Körper eindringen kann als bei jeder andern Elektrisationsmethode.

Die elektr. Bäder äußern eine Reihe von Wirkungen, die in Alterationen der Puls- und Respirationsfrequenz, der Körpertemperatur, der faradocutanen Sensibilität, der Erregbarkeit der motor. Nerven, der Harnstoffausscheidung etc. bestehen. Die Pulsfrequenz wird im farad. Bade um 8—12 und im galv. um 10—30 Schläge in der Minute vermindert (Eulenburg). Bei starken Strömen tritt sogar Herzklopfen und Arhythmie der Herzaction ein (Lehr).[1] Zu gleichen Resultaten kamen noch Corval und Wunderlich, Ischewsky, Trautwein etc. Desgleichen sinkt die Respirationsfrequenz im farad. und galv. Bade (Eulenburg), u. zw. im dipolaren stärker als im monopolaren (Lehr); durch die elektr. Douche werden die Athemzüge um 2—4 in der Min. vermindert (Trautwein). Auch die Körpertemperatur sinkt constant im farad. und galv. Bade um 0·2—0·5° C. (Eulenburg); übrigens mehr im monopolaren als im dipolaren Bade (Lehr). Der Tastsinn (Orts- und Raumsinn) wird nach Eulenburg im farad. und galv. Bade an den eingetauchten Hautstellen erhöht, an den nicht eingetauchten vermindert. Nach Lehr erhöhen schwache und kurze farad. Bäder den Raumsinn, starke und lange setzen ihn herab; in galv. Bädern findet dagegen im Bereiche der Ka Erhöhung, im Bereiche der An Verminderung des Raumsinnes statt (Lehr, Rumpf und Spanka). Die faradocutane Sensibilität wird nach Eulenburg im farad. und galv. Bade herabgesetzt, nach Lehr im dipolaren farad. Bade anfangs erhöht, dann aber rasch dauernd und bedeutend herabgesetzt, im galv. Bade findet dagegen gleich von Anfang an Herabsetzung statt. Die Erregbarkeit der motor. Nerven wird durch das galv. Bad herabgesetzt (Eulenburg, Lehr); im farad. Bade steigt sie anfangs, um nach etwa 5/4 Stunden ebenfalls abzusinken (Lehr). Die Harnstoffausscheidung wird durch das dipolare, galv. und farad. Bad erheblich, durch das monopolare Kathodenbad dagegen in geringerem Grade gesteigert (Lehr).

Die elektr. Bäder wirken somit zum Theile ähnlich wie andere hautreizende Agentien und lösen durch periphere cutane Reize auch cutane Effecte aus, indem sie vor allem das Gefäßnervensystem in günstiger Weise beeinflussen. Ihre therapeutischen Effecte bestehen in Verbesserung des Schlafs, rascher und bleibender Wiederkehr des Appetits (zumal bei nervöser Dyspepsie), Regelung der Functionen des Darmcanals, Besserung der Ernährung und als Folge hievon Zunahme des Körpergewichts, Beseitigung der Muskelschwäche und Wiederkehr der Kraft, Besserung des Zitterns infolge von Muskelerschlaffung nach Überanstrengung, Linderung neuralgischer Schmerzen, sowie der Schmerzhaftigkeit der Glieder bei rheumatischen Leiden, Nachlass der periodisch wiederkehrenden nervösen Anfälle, sowohl was Intensität als auch Dauer und Häufigkeit betrifft (Beseitigung der periodisch wiederkehrenden Leiden und Functionsstörungen bei Bleivergiftungen), Beseitigung der psychischen Verstimmung bei Hypochondrie, Melancholie etc. (zumal durch farad. Bäder) und als Gesammtresultat der Behandlung die sichtliche Mehrung der Fähigkeit zu geistiger und körperlicher Arbeit (Binswanger, Corval und Wunderlich, Ischewsky, Lehr, Stein etc.). Außer der erfrischenden und beruhigenden Wirkung ist somit noch der stimulirende und tonisirende Einfluss der elektr. Bäder hervorzuheben (worauf unter Allen zuerst Schweig hingewiesen hat); Schleicher erklärt das bipolare farad. Bad geradezu als ein Nervinotonicum ersten Ranges.

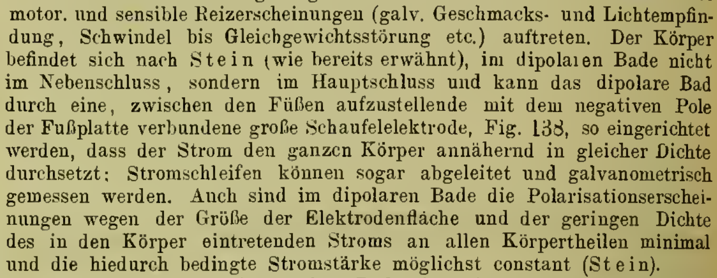
Indicirt sind die elektr. Bäder in allen jenen Krankheiten, gegen welche die allgem. Elektrisation mit Vortheil angewendet wird, somit bei functionellen Nervenkrankheiten infolge von Onanie und Ernährungsstörungen, zumal infolge von Dyspepsie, Beeinträchtigung von Functionen des Nervensystems infolge von Bleivergiftung, bei chron. Gelenksrheumatismus, Arthritis deform., Gicht, bei multiplen Neuralgien, diffusen Parästhesien, diffusen und allgem. Hyperästhesien, bei convulsivischen Neurosen, z. B. essentiellem Tremor, dem Zittern bei disseminirter Sclerose, dem Tremor infolge von Muskelerschlaffung nach angestrengter einseitiger Thätigkeit, sowie bei Paralysis agitans, bei verschiedenen Cephalalgien und Kopfdruck, bei Herzpalpitationen und Morbus Basedowii, bei vasomotor. Trophoneurosen und neurit. Dermatosen, bei Agrypnie, bei Cerebral- und Spinalirritation, Cerebral- und Spinal-Neurasthenie, Hypochondrie, Chorea, Epilepsie, Athetose, Impotenz etc. (Binswanger, Corval und Wunderlich, Eulenburg, Heiligenthal, Ischewsky, Schleicher, Schweig, Stein,

[1] Die hydroelektr. Bäder in physiolog. u. therapeut. Wirkung. Wiesbaden 1885.

Trautwein etc.). Contraindicirt sind die elektr. Bäder nach Eulenburg bei Hysterie und Hysteroepilepsie und nach Lehr bei allen mit Herzfehlern behafteten Individuen. Zur elektr. Localbehandlung sind die elektr. Bäder ebenfalls ungeeiguet.

Eulenburg, Holst und Trautwein empfehlen das monopolare, Lehr, Schleicher und Stein das dipolare Bad. Stein findet das monopolare Bad nicht empfehlenswert, wegen der großeu Stromdichte au den außerhalb des Wassers befindlichen zum Stromschluss benützten, sowie an den von der Wasseroberfl. tangirteu Körpertheilen, an welchen die Polarisation bedeutend gesteigert wird und außerdem unliebsamerweise motor. und sensible Reizerscheinungen (galv. Geschmacks- und Lichtempfindung, Schwindel bis Gleichgewichtsstörung etc.) auftreten. Der Körper befindet sich nach Stein (wie bereits erwähnt), im dipolaren Bade nicht im Nebenschluss, sondern im Hauptschluss und kann das dipolare Bad durch eine, zwischen den Füßen aufzustellende mit dem negativen Pole der Fußplatte verbundene große Schaufelelektrode, Fig. 138, so eingerichtet werden, dass der Strom den ganzen Körper annähernd in gleicher Dichte durchsetzt: Stromschleifen können sogar abgeleitet und galvanometrisch gemessen werden. Auch sind im dipolaren Bade die Polarisationserscheinungen wegen der Größe der Elektrodenfläche und der geringen Dichte des in den Körper eintretenden Stroms an allen Körpertheilen minimal und die hiedurch bedingte Stromstärke möglichst constant (Stein).

Fig. 138.



Was die Dauer eines elektr. Bades betrifft, so sei dieselbe (nach Lehr), wenn Erfrischung des Nervensystems teudirt wird, kurz (10—15 Min.), wenn aber eiue Herabsetzung der motor. Erregbarkeit angestrebt wird (z. B. bei Tremor, Spasmen, Contracturen etc.) länger (30 Min.). Es erscheint selbstverständlich, dass die elektr. Bäder nie ohne ärztl. Controle verabreicht werden dürfen.

Ein elektr. Bad kann sich jeder Arzt, der über die erforderliche Stromquelle verfügt, in höchst einfacher Weise herstellen, indem er am besten in eine Holzwanne oder in Ermangelung derselben in eine (wie p. 348 auseinandergesetzt) isolirte Metallwanne die (ebenfalls verdeckten) Metallplatten verseukt und dieselben mittels entsprecheud isolirter Leitungsdrähte mit der galv. Batterie oder dem Inductionsapparate in Verbindung setzt. Im übrigen gibt es für gedachte Zwecke verschiedentliche complicirte Einrichtungen, wie z. B. die in Fig. 139 dargestellte (von Stein angegebeue und von Reiniger in Erlangen ausgeführte).

In vorstehender Fig. bedeutet *h* eine hölzerne gut lackirte, doppelwandige Badewanne, zwischen deren Wandungen sich an mehreren Stellen große (verzinute oder noch besser vernickelte) Metallplatten befinden, die mit den Leitungsdrähten *i* und *k* in Verbindung gesetzt sind. Die Innenwand der Waune ist mehrfach durchbrochen. *g* ist die (aus 50 Siemens-Halske-Elementen bestehende) galv. Batterie sammt dem Inductionsapparate. Das Kabel *f* führt die Leitungsdrähte von *g* zum Tableau *a*, welches den Stromwähler und Stromwender *zcz* und einen Flüssigkeitsrheostat (für die Application des galv. Str. außerhalb des Bades) enthält. Von *a* kann der Strom entweder nach *b* und *c* für das elektr. Bad oder nach *d* geleitet werden, falls man ihn außerhalb des Bades anwenden will. In *b* befindet sich ein Stromschalter, der nach Wahl den galv. oder farad. Str. in die Leitungskabel *i* und *k* entsendet. *c* ist ein Commutator, der dazu dient, den Strom vom Kopfende der Wanne zum Fußende uud umgekehrt oder in querer Richtung durch dieselbe zu leiten.

Soll das Bad ein monopolares seiu, so wird ein Leitungsdraht, beispielsweise *k*, von der Wanne losgeschraubt uud entweder mit der Trautwein'schen Rückenkisseuelektrode oder mit eiuem außerhalb des Bades befindlichen Ringe, beziehungsweise Querstabe verbunden, der von den Händen des Badenden umgriffeu wird. Die Schaufelelektrode dient, wie erwähnt, entweder um zwischen die Beine aufgestellt zu werden, oder um jenen Körperstellen genähert zu werdeu, auf die besonders eingewirkt werden soll.

Von verschiedenen Seiten (Ciniselli, Erb, Finkelnburg, Lefort, Valtat etc.) wurde neuerdings die **Anwendung schwacher, continuirlicher galv. Ströme** mehrfach empfohlen.

Hiebei sei von den in marktschreierischer Weise angebotenen elektr. Ketten und Bögen (Amuel, Goldberger, Pulvermacher, Recamier, Rosenthal etc.) abgesehen. Zur Appl. dieser schwachen continuirlichen Ströme benützt man entweder wie zu Volta's Zeiten ein einfaches galv. Plattenpaar oder den Strom eines oder einiger wenigen kleinzelligen Elemente, der mittels feuchter, am Körper festgebundener Elektroden dem leidenden Theile zugeführt wird. Schon A. v. Humboldt benützte einen solchen einfachen galv. Bogen aus einer Zinkplatte und einer mit dieser mittels eines wohl isolirten Leitungsdrahtes verbundenen Silber- oder platinirten Kupferplatte, die auf den bloßen Körper aufgebunden wurden. (Das Zink bildet hiebei die An, das Kupfer die Ka, der menschliche Körper den flüssigen Zwischenleiter und der Verbindungsdraht den Schließungsbogen.) Außer Humboldt verwendeten noch Golding Bird, Wright, Wells etc. diesen Bogen; Romershausen widmete ihm eine eigene Schrift.

Indicirt sind derlei continuirliche schwache Ströme bei gewissen veralteten Neuralgien, Kopfschmerzen, Herzneurosen, coordinator. Beschäftigungsneurosen, locali-



Fig. 139.

sirten rheumat. Affectionen und Inactivitätsatrophien nach Contentivverbänden, Gelenksentzündungen und Traumen aller Art (E. Remak). Vorsicht ist bei der Anwendung dieser schwachen continuirlichen Ströme nicht außeracht zu lassen, weil sie an den Applicationsstellen leicht Ätzschorfe verursachen.

An dieser Stelle wäre noch Folgendes zu bemerken: Es kann nicht genug oft und nicht genug entschieden betont und wiederholt werden, dass nur ein mit den Grundsätzen der Elektrophysik, Elektrophysiologie, allgem. und speciellen Pathologie und Therapie wohl vertrauter Arzt daran gehen sollte, die Elektr. als Heilagens zu verwerten. Volle Vertrautheit mit dem Gegenstande ist eben die erste und Hauptbedingung für eine rationelle Elektrotherapie. Ist dieser Hauptbedingung entsprochen, dann halte man daran fest, in seinem elektrodiagnostischen und elektrotherapeutischen Handeln allezeit mit Würde und Sicherheit aufzutreten und auch nicht den Schein der Unsicherheit

oder Oberflächlichkeit auf sich zu laden. Die Elektroden sollen stabil gehalten und nicht viel herumprobirt werden. Vor der Appl. derselben sei man darauf bedacht, Acne, dünne Epidermis, wunde Stellen etc. zu vermeiden. Man fasse die Elektrodenplatten (wegen der hiedurch bedingten Dichtigkeitsschwankungen) nie mit nassen Händen an; nie erschrecke man den Kranken durch einen plötzlich einbrechenden oder gar intensiven, schmerzenden Strom. Grundregel für jede Behandlung sei und bleibe allezeit anfangs nur die allergeringsten Stromdichten zu benützen und peinlich darauf zu sehen, dem Kranken keine unnöthigen Schmerzen zu bereiten. Die Steigerung der Stromstärke soll nur ganz allmählig vorgenommen und immer der Strom vor Abhebung der Pole auf Null ausgeschlichen werden. Im allgem. sollten die Pole bei jeder stab. Appl. stets nur bei offener Kette aufgesetzt und vom Körper entfernt werden. Während der Sitzung sollte der Arzt jede Unterhaltung vermeiden; er hat auf genug Dinge seine Aufmerksamkeit zu concentriren; hier soll er die Stellung der Pole, dort den Stromwender, den Rheostat, das Galvanometer im Auge behalten, auf das stab. Halten der Elektroden acht geben, auf die Pendelschläge der Uhr hören und sie zählen oder an dem Secundenzeiger der Taschenuhr die Zeit für die Appl. ablesen etc. etc. Gemeiniglich soll sich der Arzt nur auf das Galvanometer verlassen und ist es ebensowenig nöthig, dass bei stab. Appl. der Kranke den Strom spüre, als dass bei lab. oder interm. Galv. die Muskeln lebhaft zucken. Sollte der Kranke aber darauf bestehen, etwas vom Strome zu verspüren, so kann seinem Wunsche dadurch entsprochen werden, dass die Ka als möglichst kleine Elektrode auf eine indifferente Stelle placirt werde.

Ich kann nicht genug vor der Anwendung großer Stromdichten warnen und habe durch Benützung schwacher Ströme (im Durchschnitt $^1/_4$ der von Erb, E. Remak, Stintzing, v. Ziemssen etc. benützten Stromdichten) recht erfreuliche Resultate erzielt, wogegen ich in weitaus den meisten Fällen von der Wirkung größerer Stromdichten nicht befriedigt war.

Zwei wichtige Punkte harren noch der Erledigung; der eine betrifft den Grundsatz: Ärzte sollen stets nur allein elektrisiren. Es muss als geradezu unwürdig bezeichnet werden, die Kranken — wie es leider geschah und vielleicht mitunter noch geschieht — von Krankenwärterinnen oder Laien ohne alles Verständnis elektrisiren zu lassen. Die Elektr. ist ein Heilmittel, aber nur, wenn richtig angewendet, ansonsten kann sie großen Schaden verursachen, u. zw. entweder dem armen Kranken, oder dem — Arzte selbst, der die hier entwickelten Grundprincipien einer rationellen Behandlung einfach ignorirt. Klagt ein Elektrotherapeut, dass er keine Erfolge erzielt, so liegt die Schuld höchst wahrscheinlich an ihm und seiner Methode und Methodik. Jeder halbwegs beschäftigte Elektrotherapeut erzielt Erfolge, u. zw. andern Medicationsweisen gegenüber geradezu glänzende Erfolge. Hiemit sei indessen andererseits durchaus nicht gesagt, dass jeder für die Elektrotherapie indicirte Fall geheilt werden kann. Allein hiefür liegt der Grund zumeist vorzüglich darin, dass die Elektr. nicht, wie sie es verdiente, als Remedium princeps et cardinale gleich anfangs angewendet wird, sondern erst als ultimum refugium, wenn alles Andere fehlgeschlagen, noch Wunder wirken soll; und leider dieser Anschauung huldigen noch Viele. Auch sollte die Elektr. nicht in solchen Fällen angewendet werden, die durch andere Medicationsarten in einfacherer Weise und kürzerer Zeit sicher geheilt werden können. Es gibt nur wenige Ausnahmsfälle, in denen es sich um langandauernde Appl. der Elektr. (u. zw. weder am Kopfe noch an den Sinnesorganen) handelt, in welchen man intelligenten Angehörigen nach entsprechender gründlicher Unterweisung und unter beständiger Controle seitens des Arztes das Elektrisiren gestatten darf; sonst elektrisire nur der Arzt allein. Der andere Punkt betrifft die häufig gestellte Frage, ob die Elektrisation mit Ausschluss jeder anderen Medication vorzunehmen sei? Im Gegentheil — der praktische Arzt reiche nur immerhin das dem jeweiligen Falle entsprechende Medicament und combinire vortheilhaft die Anwendung der Elektr. mit jeder andern indicirten Medicationsweise. Nur der Elektrotherapeut als Specialist behandelt diesen oder jenen Fall ausschließlich mit Elektr., um eben die Heilwirkungen der letztern zu studiren und die Indicationen für dieselbe festzustellen und zu begrenzen.

Erwähnt sei noch, dass es elektrosensitive Personen gibt, die gegen die geringsten Stromdichten lebhaft reagiren, während es andrerseits Individuen gibt, die die stärksten Ströme nicht zu verspüren angeben. Bei diesen Elektrosensitiven sei man äußerst vorsichtig; einige von ihnen haben eine förmliche Idiosyncrasie gegen die Elektr. Bei diesen dürfte dieselbe des öftern contraindicirt sein; desgleichen ist sie dort nicht indicirt, wo selbst langdauernde, vorsichtige Behandlung keinen Vortheil, wohl aber Verschlimmerung des Leidens brächte.

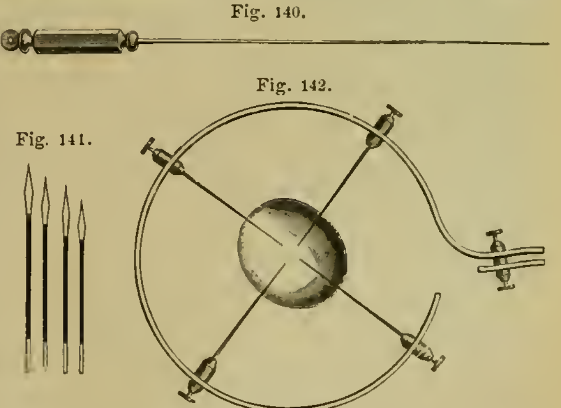
Während der vielbeschäftigte Arzt von seinem elektrotherapeutischen Wirken oft glänzende Erfolge und viel Befriedigung erfahren wird, muss er andrerseits oft

genug in verzweifelten unheilbaren Fällen rein solatii causa elektrisiren. Aber auch hier vermeide er Alles, was dem Kranken die Überzeugung verschaffen könnte, er werde nur elektrisirt, ut aliquid fieri videatur! In solchen Fällen beschränke man die Sitzungen nach Zahl und Dauer, verwende nur geringe Stromwerte und unterbreche die elektr. Behandlung des öftern durch andere zweckmäßige und indicirt erscheinende therapeutische Eingriffe. Oft lässt sich hiedurch auch in völlig unheilbaren Fällen wenigstens das eine oder andere Symptom, wenn auch nur vorübergehend, in günstiger Weise beeinflussen.

Die chemischen und thermischen Wirkungen der Elektricität werden vorzugsweise in der Chirurgie als Elektrolyse (Galvanolyse) und Galvanokaustik verwertet.

Die Elektrolyse thierischer Gewebe findet, wie pag. 259 dargethan, immer statt, wenn blanke, nadelförmige Metallelektroden in die Gewebe versenkt oder befeuchtete blanke Metallplatten auf die Körperoberfläche applicirt werden. Die chemischen Vorgänge finden hiebei conform den pag. 35—42 ausgesprochenen Gesetzen statt und scheiden sich immer die sauern Jonen an der An ab (und oxydiren dieselbe, falls sie nicht aus Edelmetall besteht) während die alkalischen Jonen sich an der Ka abscheiden (und diese, selbst wenn sie nicht aus edlem Metall bestände, blank erhalten). Hiedurch werden die vom Strom getroffenen Körperelemente zerstört und durch eine Demarcationsschicht als mortificirtes Gewebe von der Umgebung abgegrenzt und schließlich abgestoßen; es bildet sich somit an dieser Stelle ein nach Ausbreitung und Intensität begrenzbarer Ätz- oder Brandschorf, der gleichwie die zurückbleibende Narbe verschieden ist, je nach dem Pole, durch welchen er erzeugt worden. Entzündliche Vorgänge können durch diese Thätigkeit des Stromes angeregt oder beschränkt, Blutungen vermehrt, vermindert oder gestillt, gerinnbare Flüssigkeiten und Blut coagulirt oder harte Gebilde fluidisirt, die Resorptionsthätigkeit angeregt und befördert werden etc. Hiezu gesellen sich noch immer kataphorische, vasomotorische und trophische Wirkungen der Elektricität, die im Verein mit den rein chemischen den eminenten Heilwert der einschlägigen Methoden in entsprechenden pathologischen Processen verständlich machen.

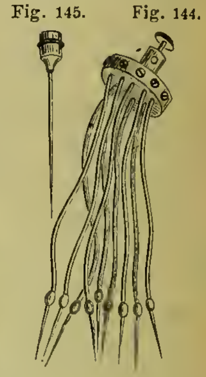
Fig. 140.


Fig. 141. Fig. 142.

Das Instrumentarium zur Vornahme der Elektrolyse besteht zunächst aus einer Batterie aus vielen kleinen Elementen (wie zur Vornahme der Galvanisation), einem präcise functionirenden, absolut geaichten Milliampèremeter, sodann entsprechenden Leitungsschnüren, blanken nadel- und plattenförmigen Metallrheophoren, sowie gewöhnlichen, möglichst großplattigen Schwammkappenelektroden. Die Nadelelektroden Fig. 140 sind entweder aus Gold, bzw. Platin oder aus Stahl, bzw. Zink gefertigt und entweder blank oder, wie aus Fig. 141 zu ersehen, bis auf die Spitze durch eine sicher haftende dünne Lackschicht isolirt. Mitunter ist es nöthig, mehrere Nadeln zugleich in ein pathologisches Gebilde einzusenken; dies muss immer so geschehen, dass sich die Nadeln in dem Gewebe nicht berühren, wie in Fig. 142 dargestellt. Die Nadeln können entweder wie hier mittels

eines Drahtes vereinigt und mit Hilfe einer Doppelklemme mit dem Poldrahte in leitende Verbindung gesetzt werden, oder verwendet man zu gleichem Zwecke eine Leitungsschnur Fig. 143, die in mehrere Äste ausgeht, an deren Enden sich Klemmen zur Befestigung beliebiger nadelförmiger Endpole befinden. Dieses vielästige Leitungskabel kann mit den Nadelelektroden auch gleich fix vereinigt und die einzelnen Äste mit einer Polklemme für die betreffende Leitungsschnur versehen sein, wie Fig. 144 zeigt. In Fig. 145 ist eine feine Nadelelektrode versinnlicht, welche auf einen beliebigen der pag. 223 abgebildeten Elektrodenhalter geschraubt werden kann. Anderweitig nöthig werdende Elektroden sollen gegebenen Ortes Erwähnung finden.

Fig. 145. Fig. 144.



Die Methoden der Anwendung der chemischen Stromwirkungen basiren auf folgende Versuche: Versenkt man 2 Platinnadeln als Polenden einer Batterie aus vielen kleinen Elementen in frisches Hühnereiweiß und schließt den Strom,

Fig. 143.

so findet an beiden Polen Gasentwicklung und Schaumbildung, überdies an der An durch die dort sich ausscheidenden sauern Ionen eine Coagulation statt, während das Eiweiß im Umkreise der Ka sichtlich fluidisirt erscheint. Es lässt sich dementsprechend auch die Kathodennadel leicht entfernen, während an der Anodennadel das gebildete Gerinnsel adhärirt. Ist die Anodennadel aus oxydirbarem Metalle, so wird sie angegriffen (oxydirt) und schließlich aufgelöst. Versenkt man beide Nadeln ins Muskelfleisch, so treten ähnliche Vorgänge anf. An beiden Nadeln entsteht Schaumbildung, an der An mit sauerer, an der Ka mit alkalischer Reaction; an der An tritt außerdem, wie vorher, Consolidirnng und an der Ka Fluidisirung unter histologischer Veränderung der Mnskelelemente auf (Althaus, Gellner). Werden befeuchtete blanke Metallplatten als Polenden anf die Haut des lebenden Menschen applicirt, so entstehen unter beiden Platten Ätzschorfe, die (nach Frommhold) sich an der An leichter lösen, als an der Ka. Nélaton und Thénard verbanden 2 Platinnadeln mit den Polen einer aus 9 Bunsenelementen bestehenden Batterie und stachen sie nahe bei einander in das Fleisch eines lebenden Thieres ein. Nach 8—10 Minuten bemerkten sie rings um die An eine scharf umschriebene cylindrische Induration von 12—15 *mm* Durchmesser, an der Ka eine gleich große Erweichung nebst beiderseitig massenhafter Schaumentwicklung (ohne Temperaturerhöhung). Nach einigen Tagen erwies sich die Partie zwischen den Einstichpunkten desorganisirt und stieß sich, wie ein Brandschorf ab. Baumgarten und Würtemberg fanden, dass eine negative Nadel in ein Blutgefäß eines lebenden Thieres eingebracht, der positive Pol daneben auf die Haut placirt, keine Gerinnung hervorrufen; beide Pole als Nadeln eingestochen, nur langsame Gerinnung verursachen; dagegen eine positive Nadel eingeführt, der negative Pol auf der Haut geschlossen, sofort rasche Gerinnung herbeiführen. Nach Apostoli bildet sich an der An ein trockener Schorf mit nachfolgender constringirender Narbe. Dieser Pol wirkt demnach hämostatisch, antiphlogistisch; an der Ka entsteht dagegen ein weicher feuchter Schorf und lässt eine elastische, nicht retractile Narbe zurück. An diesem Pol treten leicht Blutungen auf, er wirkt demnach ableitend derivirend.

Die Methoden der Anwendung der chemischen Stromwirkungen variiren je nach dem Zwecke, den man zu erreichen strebt. Gewöhnlich verwendet man die Elektrolyse zur Kauterisation oder zur Coagulation oder zur Fluidisirung (Auflösung) oder aber um Resorption anzuregen. Sticht man nur einen Pol in Form einer Nadelelektrode (differenter Pol) in das Gewebe und placirt den anderen (indifferenten) als wohldurchfeuchtete, möglichst großflächige Schwammkappenelektrode in der Nähe auf die unverletzte Haut, so nennt man diesen Vorgang die monopolare Methode; werden jedoch beide Pole in Form von Nadelelektroden in die Gewebe eingestochen, so bezeichnet man diesen Vorgang als dipolare Methode. Bei der cutanen Elektrolyse werden blanke Metallplatten auf die gewöhnlich vorher befeuchtete Haut applicirt. Die differente Elektrode ist bei der monopolaren Methode, wenn es sich um

Fluidisirung und Resorption eines consistenten pathologischen Gebildes handelt, die Ka, wenn es sich dagegen um Coagulation eines gerinnbaren pathologischen Exsudates oder in Höhlen, Säcken, Bälgen, Cysten eingeschlossener Flüssigkeit, beziehungsweise um Gerinnung des Blutes in Aneurysmen, Angiomen, Venenvaricositäten etc. handelt, die An. Tripier sticht eine negative Nadelelektrode ein, wo es sich um Bildung eines Canales handelt, um entweder normalen oder pathogenen Secreten einen Ausweg zu schaffen und nennt diese Methode der Galvanopunctur die tubuläre Kauterisation. Der bipolaren Methode bedient man sich, um bösartige Geschwülste ihrer Ernährung zu berauben und hiedurch zu zerstören. Will man recht lebhafte Ätzwirkungen erzielen, so verwendet man als An eine Zinknadel; das an der An sich ausscheidende Cl und HCl verbindet sich mit dem Zink zu dem ätzenden Chlorzink ($ZnCl_2$), das analog der Pasta Canqoin wirkt. Will man beide Pole in Form von Nadeln in das Gewebe einführen, so steche man (falls die Nadeln bereits mit der Batterie verbunden sind) immer die An früher als die Ka ein. Umgekehrtenfalls würde die An beim Einstechen sofort coagulirend wirken, die Gewebe straff machen und das weitere Fortschreiten der Nadel behindern.

Die Stromstärke variirt je nach dem Zwecke und je nach der Applicationsdauer. Im allgemeinen lässt sich sagen, dass, je intensiver der Strom gewählt wird, desto kürzer die Stromdauer sein soll und umgekehrt. Dementsprechend kann die Elektrolyse unter Umständen auch mit sehr schwachen Strömen (z. B. eines oder nur weniger Elemente) bei sehr langer Applicationsdauer (schwache contin. Str.) erfolgreich durchgeführt werden. Im Durchschnitt werden zur Elektrolyse größere Stromdichten benützt, als zur Erzielung katalytischer Wirkungen. Apostoli verwendet bei entsprechender Vergrößerung des indifferenten Pols selbst Stromintensitäten von 50—100, ja sogar bis zu 200 M. A.

Die Vortheile der Elektrolyse bestehen im Folgenden: Mit Hilfe der Elektrolyse kann man selbst weit ausgebreitete gefäßreiche Geschwülste fast ohne jede Blutung zerstören; dabei lässt sich die Ätzwirkung graduell fixiren und beliebig beschränken, ferner ist die Schmerzempfindung gewöhnlich gering und die Manipulation nicht abschreckend; die Elektrolyse macht oft entstellende oder gefährliche chirurgische Operationen überflüssig; bei zerfallenden exulcerirenden Neoplasmen hören mitunter schon nach der ersten Sitzung die Schmerzen und der üble Geruch auf; der Verlauf elektrolytischer Eingriffe ist gewöhnlich günstig, frei von gefährlichen Zufällen, die Reaction fast immer gering. Bei der Coagulation des Blutes in Aneurysmen ist bisher auch nicht ein Fall von Embolie (wie theoretisch befürchtet werden könnte) constatirt worden. Die Elektrolyse erwies sich in zahlreichen Fällen als kräftiges Resorbens und bewährte sich selbst dort, wo alle anderen Methoden fehlschlugen. Außer der directen Einwirkung äußert die Elektrolyse noch heilsame Nebenwirkungen auf benachbarte Gewebe, bringt Drüsenschwellungen zur Vertheilung etc. (katalytische Wirkungen). Die häufig gestellte Frage: Elektrolyse oder Messerbehandlung? muss dahin beantwortet werden, dass letztere allerdings oft der ersteren vorzuziehen wäre. Allein das Messer ist nicht jedes Arztes Sache, auch gibt es oft genug messerscheue Individuen, die sich dagegen ohneweiters einer elektrolytischen Operation unterziehen; im übrigen leistet die Elektrolyse in manchen Fällen mehr als die Messerbehandlung, so dass man sich gegebenenfalls oft genug erst nach reiflicher Überlegung für die eine oder die andere Operationsmethode zu entscheiden haben wird. Tripier vindicirt seiner Methode der tubulären Kauterisation gegenüber der einfachen Punction oder Messerbehandlung folgende Vortheile: *a)* Gegenüber der einfachen Punction findet bei der Galvanopunctur keine Abhebung der Haut in der Umgebung des Einstichcanales statt und bildet sich eine nur geringe Narbe, auch ist hier die Heilungsdauer kürzer. *b)* Gegenüber der Messerbehandlung bedingt die Galvanopunctur Hintanhaltung des Klaffens der Wundränder, Verhinderung der Bildung stark sichtbarer Narben und Verhinderung der consecutiven Eiterung (die bei der Messerbehandlung unterhalten werden muss).

Die Schattenseiten der Elektrolyse bestehen darin, dass sie nicht immer in ihrer Wirkung sicher ist und gegebenenfalls nicht vor Recidiven schützt; dass mitunter eine mehrmalige Wiederholung der Operation erforderlich ist, und dass die Eingriffe nach dieser Methode in manchen Krankheitsfällen (Ovariencysten) auch nicht ganz gefahrlos verlaufen, ganz abgesehen von den Schwierigkeiten, die mitunter seitens der Batterie erwachsen.

Was die specielle Methodik betrifft, so führt man zur Coagulation des Bluts in Aneurysmen, sowie zur Verödung von Teleangiectasien, Angiomen, Venenvaricositäten, Hämorrhoidalknoten, cavernösen Geschwülsten,

erectilen Tumoren etc. stets die (am Grunde isolirte) positive Nadelelektrode (aus Edelmetall) in das entsprechende Gewebe ein und applicirt die Ka als wohldurchfeuchtete Schwammkappenelektrode daneben auf die Haut.

Ist der aneurysmatische Sack etc. von großem Umfange, so empfiehlt es sich mehrere positive Nadeln einzustechen. Nach de Watteville kann die Stromstärke hiebei bis auf 20, ja sogar bis auf 30 M. A. gesteigert werden und wird die Stromdauer je nach Bedarf begrenzt. Die erste Sitzung kann bis auf eine halbe Stunde ausgedehnt werden, die Nadeln sind nach der Operation behutsam unter beständiger Rotation herauszuziehen und die Einstichcanäle mit, in Collodium erweichtem Lint zu bedecken und darüber eine Eisblase zu appliciren. Die Sitzungen können, wenn nöthig, wöchentlich wiederholt werden. In der Literatur sind zahlreiche einschlägige glänzende Heilerfolge oft schon nach einer einzigen Sitzung verzeichnet.

Zur Fluidisirung z. B. bei Sarcocele, Struma etc. werden Kathodennadeln eingestochen und die plattenförmige An in der Nähe auf die Haut placirt.

Um antiphlogistische Wirkungen zu erzielen, werden positive Goldnadeln, z. B. in Sublingual-Abscesse eingestochen und die Ka als Schwammelektrode auf eine entsprechende Hautstelle applicirt.

Um Entzündungen anzuregen, und hiedurch beispielsweise bei Pseudarthrosen Callusbildung zu veranlassen, werden Kathodennadeln eingestochen und die feuchte An auf die Haut aufgesetzt. Nach dieser Methode wurden Fracturen, die selbst nach Jahresfrist noch keine Tendenz zur Heilung zeigten, binnen 14 Tagen zur Heilung gebracht. Aber auch das Einstechen beider Pole mittels nadelförmiger Elektroden (aus Edelmetall) in die Pseudarthrosen und Durchleitung eines Inductionsstroms führt zum Ziele.

Zur Resorption des flüssigen Inhalts, z. B. in Ovariencysten, Hydrocelen, Leberhydatiden, cystischen Kröpfen etc. werden Kathodennadeln eingestochen, um durch Wasserstoffentwicklung Diffusion und Resorption anzubahnen.

Wenn auch die allzu enthusiastische Prophezeiung Semeleders: „Keine Ovariotomie mehr" durch die zahlreichen Misserfolge der Elektrolyse bei Ovariencysten widerlegt erscheint, so wurde andererseits in der That die Ovariotomie in manchen Fällen durch die Elektrolyse überflüssig gemacht. Ultzmann hat die vielfach divergenten Ansichten über die Heilerfolge oder Misserfolge der Elektrolyse bei Ovariencysten in classischer Weise aufgeklärt. Nach den Resultaten seiner diesbezüglichen Studien ist die Elektrolyse bei Behandlung der Cystovarien von Erfolg gekrönt, wenn der Inhalt derselben serös, albuminös, dünnflüssig und klar ist; kein Erfolg ist zu verzeichnen, wenn der Cysteninhalt dickflüssig, fadenziehend, mucin- oder paralbuminhältig ist, weil diese Flüssigkeit einfach nicht diffundiren kann; Misserfolge treten ein, wenn der Cysteninhalt hämorrhagisch oder eiterig ist, weil dieser durch die Punction ins Cavum peritonei gelangend, zur Peritonitis führt. Durch die Elektrolyse wird indes weder die secretorische Thätigkeit der Cystenwand in eine resorbirende umgewandelt, noch werden die Stoffe, die in der Flüssigkeit sind, so verändert, dass sie resorptionsfähig wären. Leberhydatiden und cystische Kröpfe wurden mehrfach nach der angegebenen Methode mit Erfolg behandelt. Bei Hydrocele wurden durch Einstich der Ka, aber auch durch Einführung beider Pole als Nadelelektroden und Durchleitung des galvanischen oder faradischen Stromes mehrfach Erfolge erzielt. Diese Fälle beweisen indes die Heilwirkung der Elektrolyse bei Hydrocelen schon aus dem Grunde nicht, weil hier erfahrungsgemäß auch die einfache Punction schon Heilung bringt.

Zur Kauterisation und Zerstörung pathogener Producte, sowie zur tubulären Kauterisation wird die Elektrolyse vielfach mit Erfolg verwendet. So werden indolente oder schmerzhafte Geschwüre mit einer blanken Metallplatte als An bedeckt, die, falls es auf eine sehr energische Ätzung ankommt, eine

Zinkplatte sein kann und die Ka als feuchte Schwammkappenelektrode indifferent applicirt.

Zur Kauterisation der Haut (z. B. als Gegenreiz bei Ischias oder zur Behandlung des Lupus etc.) wird ebenfalls eine blanke Metallelektrode, jedoch als Ka auf die betreffende Hautstelle und die An, wie vorher, als feuchte Schwammkappenelektrode indifferent applicirt; desgleichen werden auch Hornhauttrübungen mit der blanken Ka behandelt; als feinste Nadelelektrode wird die Ka in die Haartasche zum Zwecke der Radicalepilation eingeführt. Mit der An oder mittels beider Pole, die als Nadeln eingestochen werden, lassen sich Muttermäler, Warzen, Fibroide, Papillome, Balggeschwülste, spitze Condylome etc. zerstören; mittels der bipolaren Methode lassen sich ferner Angiome, Teleangiectasien etc. veröden und maligne Tumoren aller Art zerstören; Uterustumoren, Metritiden, speciell Endometritiden behandelt Apostoli mit ausgezeichnetem Erfolge nach den oben entwickelten Grundsätzen (nämlich, wenn sie hämorrhagisch sind, mit der An, sonst immer mit der Ka) unter Verwendung einer die ganze Bauchfläche deckenden, feuchten indifferenten Elektrode, wie oben erwähnt, mit Stromstärken von 50—200 M. A.

Bei der Behandlung verschiedener schmerzhafter, indolenter, torpider, selbst gangränöser, syphilitischer oder carcinomatöser Wunden oder Geschwüre wird, wie erwähnt, die blanke An auf die Geschwürsfläche und die Ka als feuchte Schwammelektrode z. B. an die Hand des Kranken applicirt. Will man eine besonders intensive Ätzwirkung erzielen, so verwendet man als An eine Zinkplatte, die infolge secundärer elektrolytischer Processe auch noch als chemisches Ätzmittel ($Zn\,Cl_2$) wirkt. Oft genügt schon die continuirliche Application eines einfachen Elements, bestehend aus einer blanken Zinkplatte, die auf die Geschwürsfläche und einer mit ihr durch einen wohlisolirten Kupferdraht metallisch verbundenen Silberplatte, die über einem befeuchteten Leinwandläppchen irgendwo auf die Haut aufgesetzt und in dieser Lage durch ein Band fixirt wird. (Die Zinkplatte ist hier die An.) Unter dieser Behandlung hören die Schmerzen auf, die Geschwüre bessern sofort ihr Aussehen, beginnen zu granuliren und gelangen die einfachern Wunden und Geschwüre oft schon nach der ersten Application zur raschen Heilung.

Zur Behandlung des Lupus haben neuerlich Gärtner und Lustgarten eine ebenso einfache als wirksame Methode angegeben: Die Ka wird als trockene, blanke Feinsilberplatte, deren Rand mittels Hartgummi wohl isolirt ist, auf die lupöse Hautpartie aufgesetzt, die An indifferent applicirt. Entsprechend den Lupusknötchen bilden sich kleine Ätzschorfe, während die dazwischenliegende trockene Epidermis wegen ihres großen Widerstandes nur von unbedeutenden Stromintensitäten passirt wird und unverändert bleibt. Die Genannten haben mit dieser Methode vorzügliche Resultate erzielt.

Zur Behandlung von Hornhauttrübungen applicirt H. Adler eine kleine befeuchtete An an die Conjunctiva sclerae und bewegt ein spatelförmiges kleines Feinsilberplättchen als Ka unter leichtem Drucke durch 10—20 Secunden (bei einer Stromintensität von 1—1·5 M. A.) leicht über die getrübte Hornhautpartie. Nach dieser Operation wird das Auge atropinisirt und verbunden. Nach einigen Tagen schwinden die Reizerscheinungen und ergaben alle bisher in der Art operirten Fälle entschiedene Besserung, sowohl in functioneller, wie in kosmetischer Richtung.

Zur Radicalepilation führt Lustgarten (nach dem Vorbilde zahlreicher amerikanischer Ärzte), eine äußerst feine Leiter'sche Nickel-Zink- oder Platin-Iridium-Nadel als Ka eines Stroms von 0·5—1 M. A. in die Tasche des zu entfernenden Haares und placirt die An indifferent. Die Stromdauer für jedes einzelne Haar beträgt 20—30 Secunden, nach welcher Zeit das Haar sich ganz leicht mittels einer Pincette ausziehen lässt.

Verschiedene Neubildungen kleinern Umfanges werden in der Weise behandelt, dass in die derberen die Ka als Nadelelektrode versenkt wird (um auflösend zu wirken), dagegen in die blutreichen (nach dem Vorherigen) die An (um Blutgerinnung und Schrumpfung anzubahnen). Mitunter empfiehlt es sich zur raschen Verödung derselben beide Pole in die Neubildung einzustechen, so bei Acne rosacea,

Naevus, Papillomen, Atberomen, spitzen Condylomen, Angiomen, Teleaugiectasien, Venenvaricositäten, Hämorrhoidalkuoten, Polypen, hypertrophischen Drüsen etc.; mit der Kathodennadel werden Geschwülste und Polypen des Nasenrachenraumes und Kehlkopfs hebandelt.

Bösartige Neoplasmen, wie Myxo-, Melano- und Osteosarcome, Epitheliome etc. werden entweder mit der Kathodenuadel oder nach der hipolaren Methode hehandelt. Groh sticht viele Nadeln an der Basis der Neuhildung ein und lässt den Strom so lange geschlossen, bis die Zersetzungssegmente tief in das gesunde Gewebe eindringeu und sich herühren. Frommhold sticht flache Nadeln ein, nm den Process abzukürzen. Die Zinknadeln werden als An hiebei aufgelöst und wirken als $ZnCl_2$ ätzend. Von mancben Autoren werden vollständige Heilungeu, aber fast vou allen wenigstens vorübergehende Erfolge nach Auwendung dieser Methode berichtet.

Uterustumoren, sowie Metritis, speciell Endometritis hehandelt Apostoli neuerlich mit vorzüglichem Erfolge nach der ohen erwähnten Methode. Er führt die differeute Elektrode in Form einer, gegen die Scheide durch Celluloid wohl isolirten Uterinsonde aus Platin ein und applicirt die indifferente Elektrode in Form eines großeu, den ganzen Bauch bedeckenden feuchtwarmen, von einer Hülle aus weitmaschigem Tarlatan umgehenen Kuchens aus Töpferthon; auf diesen Kuchen wird eine mit dem indifferenten Batteriepol leitend verhundene, große, hlanke Metallplatte gelegt, mit einer Serviette bedeckt und werden über diese endlich die Hände der zu Operirenden ausgebreitet, damit sie durch leichten Druck den Thonkuchen allseitig mit den Bauchdecken in innigem Contact erhalten. Durch diese enorme Vergrößerung der indifferenteu Elektrode wurde Apostoli in die Lage versetzt, hei verhältnismäßig kurzer Sitzungsdauer Stromstärken von 1—100 M. A. bei Fibroiden und von 1—200 M. A. hei Endometritiden mit Ausscbluss aller scbädlichen, unerwünscbten oder irgendwie störenden Nebenwirkungen anzuwenden. Ist Neigung zu Blutungen vorhauden (z. B. bei den interstitiellen hämorrhagischen Fibromen), so ist die differente Elektrode die An, sonst immer die Ka. Bei 200 M. A. beträgt die Sitzungsdauer höchstens 2 Minuten, bei 100 M. A. höchstens 5 Minuten., bei 50—60 M. A. 10—15 Minuten. Apostoli empfiehlt Vorsicht, rath immer, mit schwachen Strömen anzufangen, diese nur allmählig zu steigern und allzeit langsam ein- und auszuschleichen, überdies noch morgens nnd abends antiseptische Vaginalinjectionen vorzunehmen. Bei Atresia canalis cerv. uteri sticht Apostoli mittels eines starken Troicarts an der prominentesteu Stelle der Vaginalportion, entsprechend der Uterinachse, etwa 5 *cm* tief ein und verhindet sodann denselhen mit der Ka; der so gebildete Canal bleiht persistirend und gestattet nachträglich auch die Einführung der entsprechenden Elektroden zur Behandlung der Uterusfibrome oder der Metritis. Die Wiederholung der Operation findet bei ambulanteu Kranken 1mal wöchentlich, bei Bettruhe 2mal wöchentlich statt. Apostoli hat nach dieser Methode weit über 2000 Fälle mit dem günstigsten Erfolge hehandelt.

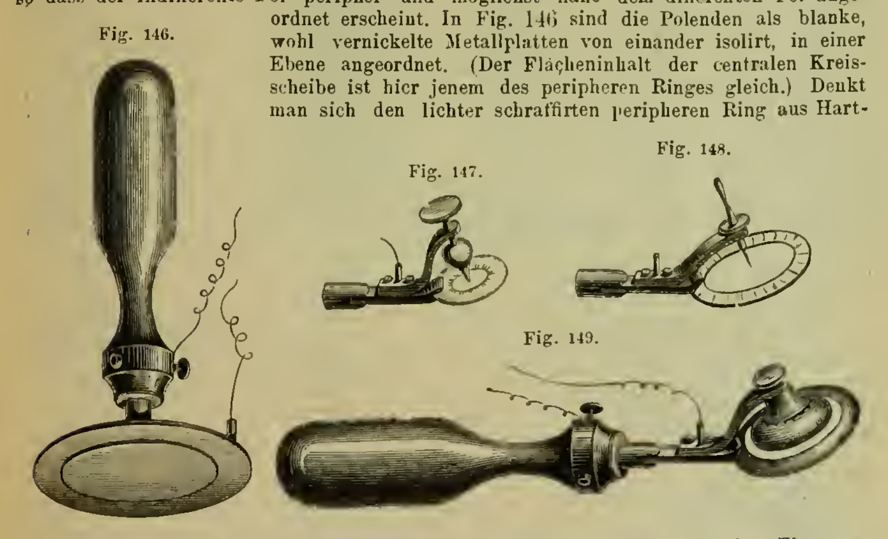
Die tubuläre Kauterisation wird außer, wie oben erwäbnt, zur Bilduug des Cervicalcanals noch ausgeführt zur Eröffnung von Synovialcysten, Buhonen, kalten Lymphdrüsenahscessen, Abscessen an den großen Labien, den Nieren, der Prostata, am Rande des Afters, ferner bei Ranula, zur Thoracocentese etc.

In ähnlicher Weise wird auch hei der elektrolytischen Behandlung verschiedenartiger Stricturen vorgegangen. Bei Harnröhrenstricturen wird ein Blasenexcitator mit conisch zulaufendem blanken metallischen Polende, in dessen Spitze eine kurze dünne elastische Sonde sicher hefestigt ist, als Ka eingeführt und die An als breite feuchte Schwammkappenelektrode am Ahdomen applicirt. Wäbrend der Strom allmählig bis auf 5—15 M. A. eingeschlichen wird, drückt man den Couus der Ka leicht gegen die Strictur, his dieselbe passirt ist, wonach sofort dicke Bougien sich einführen lassen. Nach einigeu Tagen stößt sich der Ätzschorf ab nnd bleibt die Narhe elastisch nnd kann durch systematisches Bougieren beliebig ausgedehnt werden. Ich selbst hahe nach dieser Methode einige günstige Resultate zu verzeichnen; Newman berichtet über 189 Stricturen, die er sämmtlich nach dieser (von Tripier und Mallez ausgebildeten) Methode mit günstigem Erfolge behaudelt hat. Auf dieselhe Weise werden mit entsprechenden Elektroden Ösophagusstricturen, Stricturen der Eustachischen Röhre etc. hehandelt.

Dies sind die wichtigsten Methoden, Indicationen, sowie zugleich die Grenzen, welche der Elektrolyse auf Grund zahlreicher Erfahrungen gesteckt worden sind, u. zw. u. A. von folgendeu Autoren: Aheille, Adams, Adler, Althaus, Amussat, Apostoli, Bach, Balassa, Ball, Barthelow, Baumgarten, Beard, Behrend, Benedikt, Bertani, Billroth, Birch, Bopp, Boudet de Pâris, Bossé, Bosworth, Boulu, Bucci, Bucquoy, Van Buren, Burdel, Burmann, Bühring, Brenner, Bresgen, Broca, V. und P. Bruns, Capelletti, Carlet, Chvostek, Ciniselli, Clemens, Cogevina, Collcy, Collis, Couriard, Crusell, Cutter, Dehout, Delstanche, Demarquay, Dichiara, Dittel, Dolbean, Duchenne, Dunham,

Driver, Ehrenstein, Erhardt, Everett, Ferro, Fieber, Fischer, Flies, Fogge, Forster, Fox, Friedenthal, Frommhold, Gärtner, Gamberini, Gellner, Gérinean, Gherini, Gräfe, Groh, Gnérard, Gnitard, Günther, Hacket, Hahn, Hagen, Hamilton, Hardaway, Hassenstein, Hedinger, Heidenreich, Heitzmann, Hertzka, Hesse, Holl, Jackson, Jacobi, Jäsche, Jüngken, Karmin, Kune, Kyher, Lafargue, Lando, Lange, Lee, Lehmann, Lente, Leroy, d'Etiolles, Lewis, Lincoln, Liston, Lücke. Lustgarten, Macdonell, Mackenzie, Mallez, Manfredini, Marcy, Meschede, M. Meyer, Michel, Michelsohn, Milani, Mills, Möller, Mongiardini, Montini, Morelli, Mott, Mnndé, Namias, Nélaton, Neftel, Newmann, Nieden, Onimus, Pecchioli, Pétrequin, Philipps, Poore, Pravaz, Qnaglio, R. Remak, Restelli, Rockwell, Rodolfi, Rosenberger, Ross, Rossville, Roula, Rnete, Sass, Schuh, Schuster, Scoutetten, Scudamore, Seeger, Semeleder, Skene, Socin, Steinlein, Sterling, Strambio, Tenea, Thénard, Thevissen, Thomas, Tizzoni, Travers. Tripier, Ultzmann, Vernenil, Vidal, Vivaravelli, Vivarelli, Voltolini, de Watteville, Spencer Wells, Wertheimer, Wilheim, Willebrand, Zenobi etc.

An dieser Stelle sei noch in aller Kürze einer Anordnungsweise der Elektroden gedacht, die es gestattet, selbst Stromstärken von 15—25, ja sogar bis 50 M. A. (wie sie mitunter zu elektrolytischen Zwecken erforderlich sind) im Gesicht, in der Nähe der Sinnesorgane oder der nervösen Centralapparate anznwenden, ohne befürchten zu müssen, dass diese genannten Gebilde von Stromschleifen passirt würden, die unangenehme Nebenwirkungen erzielen könnten. Das Princip dieser in den nachfolgenden Figuren dargestellten (von Boudet de Pâris auf der Wiener Elektricitätsausstellnng exponirt gewesenen) Elektroden besteht in der concentrischen Anordnung beider Pole, so dass der indifferente Pol peripher und möglichst nahe dem differenten Pol angeordnet erscheint. In Fig. 146 sind die Polenden als blanke, wohl vernickelte Metallplatten von einander isolirt, in einer Ebene angeordnet. (Der Flächeninhalt der centralen Kreisscheibe ist hier jenem des peripheren Ringes gleich.) Denkt man sich den lichter schraffirten peripheren Ring aus Hart-

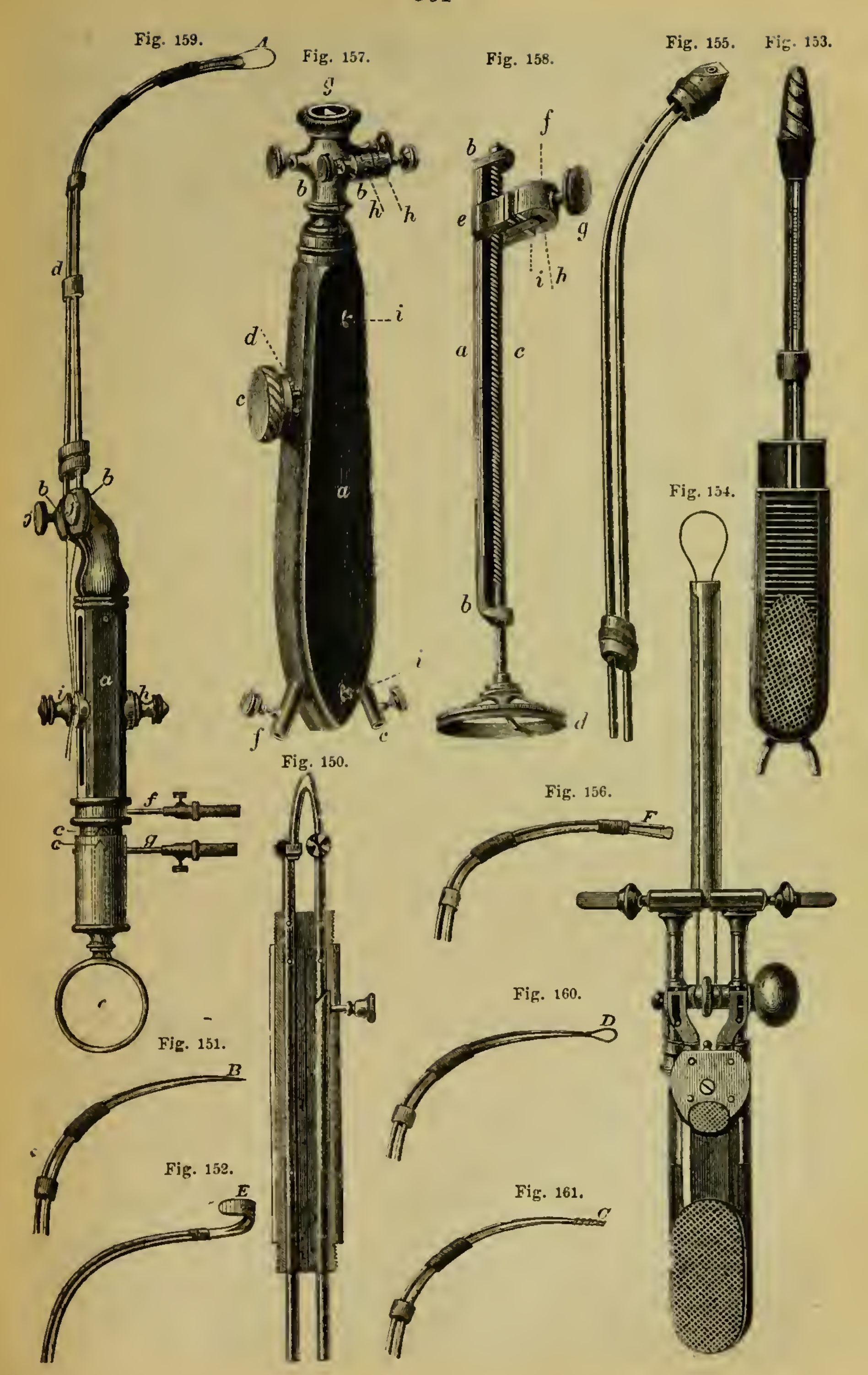

Fig. 146. Fig. 147. Fig. 148. Fig. 149.

gummi nnd die centrale Scheibe aus Feinsilber, beide ebenfalls genau in einer Ebene, so wäre dies die Gärtner-Leiter'sche Elektrode zur Lupusbehandlnng. Zur Elektrolyse verschiedenartiger kleiner Neubildungen im Gesichte eignet sich die Elektrode Fig. 147, an welcher der peripher angeordnete indifferente Pol mit Badeschwamm und Leinwand überzogen erscheint; zur Galvanopunctur dient die in gleicher Weise angeordnete Elektrode Fig. 148. Schließlich sei erwähnt, dass auch zu katalytischen Zwecken z. B. znr Behandlung von Neuralgien derartig angeorduete Schwammkappenelektroden Fig. 149 hergestellt worden sind, die ebenfalls die präciseste Localisation und möglichste Einengung der Stromfäden gestatten.

Galvanokaustik nennt man die medicinische Anwendung der thermischen Wirkungen des galvanischen Stromes und versteht darunter die Durchtrennung, Abtragung oder Zerstörnng krankhafter Gebilde mittels eines durch den galvanischen Strom glühend gemachten Drahtes oder die Benützung schlingenförmiger, cylindrischer oder platten- sowie knopf-, kegel- oder scheibenförmiger, ebenfalls im Schließungsbogen

einer geeigneten Stromquelle erglühender Metallkörper zur Zerstörung verschiedener pathogener Producte, zur Kauterisation von Wundflächen, zur Blutstillung etc.

Das Instrumentarium für gedachte Zwecke besteht erstlich aus einer zweckentsprechenden Batterie und in zweiter Richtung aus den mit Schließungs- und Unterbrechungsvorrichtung versehenen Elektroden, die hier Galvanokauter, Schneideschlingen etc. genannt werden. Was die für galvanokaustische Zwecke geeignete Batterie betrifft, so muss dieselbe aus Elementen mit großer elektromotorischer Kraft und geringem innern Widerstande bestehen, wie solche pag. 308 und 309 besprochen wurden. Der hier in Betracht kommende Glüheffect ist nämlich den Gesetzen von Helmholtz, Thomson, Joule und Lenz zufolge dem Quadrate der Stromstärke und dem (als Glühkörper) eingeschalteten Widerstande proportional. Die galvanokaustische Elektrode wird demnach derart einzurichten sein, dass der Strom in der ganzen Elektrode bis auf den zu erglühenden Platinkörper einen möglichst geringen Widerstand zu passiren habe, so dass die ganze, im Stromkreis sich entwickelte Wärme auf diesen Theil des Schließungsbogens concentrirt wird. Die einfachste Einrichtung eines derartigen Instruments zeigt der Galvanokauter Fig. 150, der aus einem Ebonithefte besteht, durch welchen 2 dicke Kupferdrähte hindurchgehen, die unten zur Verbindung mit der Stromquelle aus dem Hefte hervorragen und oben mit Klemmen für die plattgeschlagene Platinschlinge versehen sind. Der rechte Verbindungsdraht ist schräg durchschnitten und an dieser Stelle in möglichst einfachster Weise die Contactvorrichtung angebracht. Der zu erglühende Platinbügel erhält je nach Bedarf verschiedene Formen und wird nach diesen entsprechend benannt, wie z. B. der dornförmige Punktbrenner *B* Fig. 151, der flache, scharfkantige, messerartige Kanter *D* Fig. 160, der seitlich abgebogene Flächenbrenner *E* Fig. 152, dann der Kuppelbrenner, der Spiralbrenner, das galvanokaustische Messer oder Bistouri etc. Dem Glüheisen entspricht und wird zur Kauterisation größerer Flächen, sowie zur Einwirkung in die Tiefe verwendet, der Porzellanbrenner Fig. 153, bei dem die starken kupfernen Verbindungsdrähte unten (zur Verbindung mit der Batterie) hervorragen, nach oben aber in einen Porzellanconus fix eingelassen sind. Dieser enthält eine centrale Bohrung und eine seitliche in Form einer Schraubenlinie ansteigende Rinne, in welche ein entsprechender Platindraht eingelagert und mit den Enden der Verbindungsdrähte verlöthet ist. Eine Stromunterbrechungsvorrichtung ist hier nicht nöthig, da der Strom ohnedies solange wirken muss, bis der Porzellankörper in Weißgluth versetzt wurde, der sodann ganz wie ein Glüheisen verwendet wird. Der Schlingenschnürer zur Handhabung der galvanokaustischen Schneideschlinge Fig. 154 trägt an einem mit Schieber und Contactknopf (zum Schließen und Öffnen des Stromes) versehenen Ebonitgriff 2 Messingsäulchen, die oben von Capitälern begrenzt sind, von denen seitliche Zapfen zur Verbindung mit den Batteriepolen horizontal ausgehen. Nach oben stehen diese Messingsäulchen mit 2 durch eine Elfenbeinzwischenlage von einander isolirten Röhrchen (Ligaturröhren genannt) in leitender Verbindung. Wie diese, so sind auch die beiden Capitäler, Messingsäulchen, sowie die beiden Hälften der (mit Zahnrad versehenen) Schnürwelle von einander isolirt. Durch die Ligaturröhren, die entweder gerade oder je nach Bedarf nach der Fläche, wie in Fig. 155 oder nach der Kante, wie in Fig. 156, abgebogen sein können, wird der entsprechende Platindraht geführt und nach Bildung der erforderlich großen Schlinge die Enden desselben an der Schnürwelle befestigt. Wird diese Schlinge um ein abzutragendes Gebilde gelegt, noch vor dem Stromschluss die Schnürwelle soweit angezogen, bis der Platindraht überall eng anliegt, sodann durch Schließung des Stromes die Drahtschlinge erglühen gemacht und gleichzeitig die Schnürwelle allmählig in Bewegung gesetzt, so findet bei gehöriger Vorsicht, die völlig unblutige Abtragung des betreffenden Gebildes statt und vereinigt dieses Instrument die Wirkung der Ligatur oder eines Ecraseurs mit der des Glüheisens. Diese 3 Middeldorpf'schen Instrumente können auch in ein einziges, Universaleinschaltungsgriff genanntes, wie z. B. das von J. Leiter in Wien construirte und in den Fig. 157 und 158 dargestellte, vereinigt werden. Durch den Ebonitgriff *a* (Fig. 157) gehen die starken Verbindungsdrähte, die nach unten in Klemmen *c f* zur Verbindung mit den Batteriepolen ausgehen, nach oben einerseits mit der in ihrer Richtung gelegenen Klemmvorrichtung *b b* für alle möglichen Kanter und Porzellanbrenner, sowie mit der seitlich abgebogenen Klemmvorrichtung *h h* für die Ligaturröhren Fig. 155 leitend vereinigt sind. Diese 2 Verbindungsstäbe sind im Hefte ebenso wie die Hälften der beiden Klemmvorrichtungen (wie bei *g* ersichtlich) durch eine isolirende Zwischenlage von einander getrennt; bei *e d* befindet sich eine einfache und bequeme Vorrichtung zum Schließen und Öffnen des Stromes


Fig. 159.
Fig. 157.
Fig. 158.
Fig. 155.
Fig. 153.
Fig. 154.
Fig. 150.
Fig. 156.
Fig. 160.
Fig. 151.
Fig. 152.
Fig. 161.
A
B
C
D
E
F
a
b
c
d
e
f
g
h
i

und bei *i i* Knöpfe zur Befestigung des Schlingenschnürerapparates, Fig. 158. Dieser letztere besteht aus einem flachen Metallstabe *a*, dessen bei *b b* abgebogene Enden die Lager für die Schraube *c* bilden, die mittels der Scheibe *d* in Bewegung gesetzt, den Schlitten *e* vor- oder rückwärts schiebt. Dieser Schlitten enthält die Klemmvorrichtung *f* für die freien Enden der Ligaturschlinge, die zwischen den von einander isolirten rauhen Stahlbacken *i h* durch die Schraube *g* fixirt werden können. Entsprechend den Knöpfen *i i* Fig. 157 besitzt der Metallstab *a* des Schlingenschnürerapparates 2 Schlitze, mittels deren er auf die flache Seite des Handgriffes Fig. 157 über die beiden genannten Knöpfe geschoben und durch den nachfolgenden Zug der Ligaturschlinge daselbst fixirt erhalten wird. In Fig. 159 ist Leiter's Universalgriff für die galvanokaustischen Kehlkopfinstrumente dargestellt. Die im Griffe *a* gegeneinander isolirten Leitungen für die Klemmen *b b*. in denen mittels der Schrauben *j j* entweder die nach der Fläche gekrümmte Ligaturröhre *d* oder die nach der Kante gekrümmte Ligaturröhre *F* oder die kleinen Kauter *B* Fig. 151, *D* Fig. 160, *E* Fig. 152 oder der kleine Porzellanbrenner *C* Fig. 161 etc. fixirt werden können, stehen nach unten einerseits mit dem drehbaren Ringe *f*, andererseits mit der dreh- und verschiebbaren Röhre *g* in Verbindung. Bei *f* und *g* werden die Poldrähte der Batterie eingeschaltet und ist die Leitung *g* bei *c c* unterbrochen, allwo die beiden Contacttheile durch eine Spiralfeder von einander entfernt erhalten werden. In einem Schlitze des Handgriffes *a* ist die aus Elfenbein gefertigte Klemm- und Zugvorrichtung *i h* verschiebbar. Werden die Drahtenden der Ligaturschlinge *A* bei *i* festgeklemmt, der Daumen der rechten Hand in den Ring *c*, der Zeige- und Ringfinger hingegen an die Zugvorrichtung *i h* gesetzt und die Schlinge *A* unter der Leitung eines mit der linken Hand dirigirten Kehlkopfspiegels um das abzutragende Gebilde geführt, so genügt eine leichte Annäherung des Ringes *c* gegen *i h*, um den Strom zu schließen und ein leichter Zug, um die Ligaturschlinge zusammenzuziehen. Die drehbaren Ringe *f g* gestatten, die Leitungsdrähte beliebig zu wenden. Die hier abgebildeten und beschriebenen Instrumente können beliebig abgeändert werden, im Principe stellen sie nur die 3 Middeldorpf'schen Typen (Kauter, Porzellanbrenner, Schneideschlinge) dar.[1])

Die Indicationen für die Galvanokaustik sind zahlreich und hängen oft vom Können und Belieben des Operateurs ab. Im allgemeinen eignen sich für die Galvanokaustik: *a)* Jene Fälle, die zur Zerstörung verschiedentlicher Gebilde, sowie zur gründlichsten Desinfection eine eng abgegrenzte nachdrückliche Kauterisation erfordern, somit: kleine Knoten, Höcker und Verhärtungen der Haut, Fibroide, Papillome, spitze Condylome, Haarpapillen (zur Radicalepilation), Teleangiectasien und Chloasmata, Lupusknötchen, flacher Epithelialkrebs der Haut, ferner alle papillösen und papillomatösen Schleimhautwucherungen, infectiöse Bindehaut- und Hornhauterkrankungen mycotischen Ursprungs etc.; hieher gehört noch die Zerstörung schmerzender Nerven (bei Neuralgien) oder der Zahnpulpa, sowie die galvanokaustische Moxe (ein kräftiges Derivans). *b)* Fälle, in denen durch die Kauterisation Entzündung, Vernarbung und nachherige Schrumpfung angestrebt wird, so z. B. bei Prolapsus uteri durch Kauterisation der umgebenden Scheidenwand oder bei Prolapsus ani (nach Bruns) durch Kauterisation der Mastdarmschleimhaut selbst, um in beiden Fällen durch Schrumpfung das Grundübel zu heben, oder, wo es auf die Verödung von Schleimhaut- und Fistelcanälen ankommt, in welchem Falle der Fistelgang allein oder das umgebende Gewebe oder aber beide der Kauterisation unterzogen werden. *c)* Fälle, in denen es sich um Trennungen und Abtragungen (Entfernungen) von Gewebstheilen handelt, so z. B. zur Eröffnung oberflächlicher Abscesse, Balggeschwülste, der Struma cystica, zur Tracheotomie, zur Discission membranöser Gebilde im Kehlkopf, zur Spaltung fistulöser Geschwüre und Mastdarmfisteln; für letztere Fälle eignet sich gut das sogenannte Filum candens, d. h. ein dünner Platindraht, der durch die Fistel hindurchgezogen, mit den Polen der Stromquelle verbunden und nun sägeförmig hin- und hergezogen wird bis er die fistulöse Brücke getrennt hat. Zur Abschnürung, Abtragung (Amputation) verwendet man die galvanokaustische Schneideschlinge, so bei gestielten Neubildungen (die in Körperhöhlen vorkommend, zumeist Polypen genannt werden) zumal im Kehlkopf, in der Nase, im Rachen, im Ohre, im Uterus, im Mastdarm etc.; sitzen sie mit breiter Basis auf, so können sie durch Cir-

[1]) In einer zur Aufnahme an dieser Stelle im vorliegenden Buche ursprünglich bestimmt gewesenen, aber wegen Raummangels separat als August-September-Heft der Wr. Klinik ex 1886 unter dem Titel „Über die Anwendung der Galvanokaustik in der prakt. Heilkunde" publicirten Abhandlung habe ich noch andere galvanokaustische Instrumente, sowie sämmtliche bisher in der Literatur bekannt gewordenen Batterien für galvanokaustische Zwecke genauestens beschrieben und abgebildet.

-cumcission oder vorherige Einschnürung etc. künstlich gestielt werden. Auch Fingerglieder, der Penis (bei carcinomatöser Entartung des freien Endes), die Vaginalportion, die Clitoris, die hypertrophischen Labien, die Nymphen. Testikeln, das Scrotum, die Zunge etc. können auf diese Weise amputirt werden. *d*) Fälle, in denen durch die Kauterisation Blutgerinnung (capilläre Blutstillung) oder andrerseits ein lebhafterer Heilungstrieb, zumal bei torpiden Geschwüren, angeregt werden soll, so bei zerfallenden ulcerösen bösartigen Neubildungen (zur Hintanhaltung gefahrdrohender Blutungen) bei Hospitalbrand, zur Behandlung von Venenvaricositäten und Aneurysmen etc. Während sich die Galvanokaustik einerseits überall dort anwenden lässt, wo das Glüheisen im großen Maßstabe verwendet wird, hat sie vorzugsweise in einer großen Reihe von Specialgebieten, so in der Oculistik, Otiatrik, Laryngotherapie, Gynäkologie etc. ganz präcise Indicationen gefunden, die in den Rahmen der hier angedeuteten 4 Richtungen sich einreihen lassen.

Die Vortheile der galvanokaustischen Operationsmethode bestehen darin, dass sie mehrere chirurg. Operationsmethoden und Hilfsmittel vertritt, so z. B. das Glüheisen, die kalte Schneideschlinge, den Ecraseur oder Constricteur, in vielen Fällen auch selbst das schneidende Messer, sowie die chem. Ätzmittel, mitunter einige dieser vereinigt und überdies noch durch Stromschleifen katalyt. Wirkungen äußert. Vor dem Glüheisen hat die galvanokaustische Methode den Vortheil, dass letztere in eleganterer und präciserer Weise sich einleiten und durchführen lässt, als ersteres, selbst wenn der Paquelin'sche Thermokauter zur Verwendung gelangt. Die galvanokaustischen Schneideschlingen und Brenner haben den Vortheil, dass sie kalt an den Ort ihrer Bestimmung eingeführt und auch kalt entfernt werden können und nur an Ort und Stelle ihrer Verwendung auf den nöthigen Hitzegrad gebracht zu werden brauchen, wodurch die Nachbargebilde nicht, wie bei der Einführung des Glüheisens belästigt werden. Bei der großen Intensität der Glühitze strahlen die galvanokaust. Brenner andrerseits nicht so viel Wärme aus, dass die Nachbargebilde hiedurch zu leiden hätten, wie dies beim Glüheisen der Fall ist; bei der Galvanokaustik lässt sich die Wärme ganz nach Bedarf reguliren und die Intensität derselben durch eine beliebige Zeit ganz constant erhalten, was beim Glüheisen nicht der Fall ist, selbst nicht beim Paquelinschen Brenner; bei der Galvanokaustik kann die Wirkung beliebig localisirt und selbst punktförmig begrenzt werden, was beim Glüheisen äußerst schwer geht. Auch der Schmerz während der Operation und die Reaction der Umgebung ist hier geringer als bei jeder andern Operationsmethode. Was die Präcision anbelangt, so ist diese bei der galvanokaustischen Methode selbst größer als bei Anwendung der kalten Ligatur, des Ecraseurs, ja selbst oft des schneidenden Messers. Die galvanokaust. Schneideschlinge combinirt die therm. Wirkung mit der des Ecraseurs oder der Ligatur, das galvanokaust. Messer die Wirkung eines schneidenden Instruments mit der des Glüheisens etc. Ein weiterer Vorzug der galvanokaust. Methode besteht darin, dass bei zweckmäßigem Vorgehen hier die Blutung während der Operation auf ein Minimum beschränkt werden kann, wenn auch Middeldorpf's Hoffnung, dass man mittels der Galvanokaustik völlig unblutig werde operiren können, sich in der Folge nicht erfüllt hat. Der größte Vorzug der Galvanokaustik jedoch liegt darin, dass man mittels dieser Methode noch an Orten operiren kann, die sonst wegen der Nachbarschaft edler Organe oder ihrer Lage oder Zugänglichkeit wegen auf keine andere Weise überhaupt, oder wenigstens nicht leicht erreichbar wären, wie z. B. das Innere des Kehlkopfs, des Rachens, der Nasenhöhle, des Gehörganges etc. Schließlich sei noch erwähnt, dass gemachten Erfahrungen zufolge galvanokaust. Eingriffe viel leichter vom Organismus vertragen und überstanden werden, als wenn dieselben Eingriffe mit schneidenden Instrumenten ausgeführt werden.

Die Nachtheile der Galvanokaustik, die von ihrem genialsten und verdienstvollsten Vertreter Middeldorpf selbst berührt wurden und hauptsächlich in der Kostspieligkeit, Umständlichkeit und Unsicherheit der Stromquelle gipfeln, sind heutzutage fast gegenstandslos geworden und hängt es dermalen lediglich nur vom Operateur allein ab, eine galvanokaust. Operation ohne jede Unterbrechung auszuführen.

Was die Technik bei der Ausführung galvanokaust. Operationen anbelangt, so ist in erster Richtung auf die Regulirung der Glühwirkung zu achten. Da jeder Glüheffect vom Quadrate der Stomstärke und dem Gesammtwiderstande im Stromkreise abhängt, hat man es gewöhnlich nach beiden Richtungen hin mit variablen Größen zu thun und wird daher gegebenenfalls vor jeder Operation zunächst einen Glühversuch in freier Luft vornehmen und hernach bei Ausführung derselben, wofern es sich nicht um Benützung des Porzellanbrenners oder um Kauterisation an der Hautoberfläche handelt, den betreffenden Kauter oder die Schneideschlinge in kaltem Zustande an den Ort der vorzunehmenden Kauterisation einführen und hernach erst den Strom schließen

und hiebei die durch den Glühversuch als nothwendig bestimmte Stromstärke in Anwendung bringen. Nur darf man bei Vornahme dieser Glühversuche nicht gleich die ganze zur Verfügung stehende Stromstärke benützen, weil sonst dünne Platinschlingen oder kurze dünne Platinbügel leicht abschmelzen. Ein Galvanometer, so unentbehrlich es auch für die Anwendung der Elektricität zu katalyt. und elektrolyt. Zwecken ist, ist hier völlig entbehrlich und genügt ein entsprechender Rheostat zur Regelung der Stromstärke vollauf. Man kann sich auch durch successives Einschalten der Elemente in den Stromkreis oder bei Tauchbatterien durch allmähliges Eintauchen der Platten in die Erregungsflüssigkeit oder durch eine verschiedene Kuppelung (nämlich Schaltung der Elemente nacheinander bei langen, dünnen Drahtschlingen und Schaltung derselben nebeneinander bei kurzen, dicken Kauteren) helfen. Hört ein Kauter nach Berührung mit den Körpergeweben zu glühen auf, so genügt es, ihn abzuheben, wonach er sofort wieder erglüht. Wendet man die Galvanokaustik zur Blutstillung an, so darf man den Kauter nicht rasch abheben, um nicht den gebildeten Schorf abzureißen, sondern unterbricht den Strom und schließt ihn dann plötzlich, um die unter dem Kauter befindliche Schicht zu verbrennen, wonach man denselben langsam rotirend abheben kann. Der weißglühende Platinbrenner mortificirt das kauterisirte Gewebe, das sich durch eine scharf begrenzte Demarcationsschicht, ohne erhebliche Reaction seitens der Umgebung, abstößt; handelt es sich aber darum, reactive Entzündungen hervorzurufen (wie z. B. bei manchen Teleangiectasien oder bei schwammigen Entartungen am Knie) so verwendet man die sogenannte Ignipunctur, bei welcher nur schwach rothglühende Nadeln (d. h. langgezogene, feine, spitze Platinbügel) eingestochen werden. Bei Benützung der galvanokaust. Glühschlinge, ist stets darauf zu sehen, dass der zur Bildung der Schlinge zu verwendende Draht von entsprechenden Dimensionen und nicht geknickt sei, weil er an der Knickungsstelle leicht reißt oder durchschmilzt. Die Schlinge soll überall genauestens anliegen, weil sie an den Stellen, wo sie vom Gewebe absteht, stärker erglüht und reißt, auch soll sie vor dem Durchtrennen als kalte Ligatur wirken und künstliche Blutleere herbeiführen. Sie soll ferner nicht weißglühend, sondern nur dunkelrothglühend sein und darf nur allmählig (und nicht sprungweise oder mit Gewalt) verkleinert werden. In dem Maße, als die Schlinge enger wird, muss die Stromstärke vermindert werden. Hört hiebei die Schlinge zu glühen auf, so unterbricht man den Strom, vergrößert die Glühschlinge, schließt den Strom neuerdings und zieht nun die Glühschlinge (ohne sie zu verkleinern, sammt dem Griff nach vorwärts. [1])

Durch Middeldorpf und seine Nachfolger wurde, wie bereits erwähnt, die Galvanokaustik in alle Specialzweige der Chirurgie (Geburtshilfe, operative Gynäkologie, Ophthalmiatrie, Otiatrik, Laryngo-, Pharyngo-, Rhynotherapie, Dentistik etc.) eingeführt u. zw. u. A. durch Bardeleben, Beeckle, Bloebaum, Böckel, Bottoni, Braun, Bruna, Bruns (Vater u. Sohn), Bryant, Grossmann, v. Grünewaldt, Guillaud, Hedinger, Jacoby, Juillard, Krishaber, Kuntz, Nieden, Regnault, Sattler, Schwartze, Solis-Cohen, J. G. Thomas, Treppenard, Verneuil, Voltolini, Wolzendorff, Zaufal, Zsigmondy etc.

Specielle Elektrotherapie.

Nach gründlicher Erörterung der Wirkungen und Methoden der Anwendung der Heilelektricität erübrigt noch die Angabe der speciellen Applicationsweisen in den einzelnen, für die Elektrotherapie indicirten Krankheitsfällen.

Wegen Raummangels muss die Illustration der einzelnen Applicationsmethoden durch eine reiche Casuistik (eigener Beobachtungen) entfallen. Desgleichen müssen aus demselben Grunde auch alle pathologisch-diagnost. Bemerkungen wegbleiben und wird genaue Kenntnis des jeweiligen Krankheitsverlaufes, sowie die richtige Diagnose vorausgesetzt. Ebenso finden auch rein theoretische, gleichwie polemische Aperçus in diesen für den prakt. Arzt bestimmten Blättern keinen Platz, und ist die stricte Fassung dieses speciellen Theils auf directe diesbezügliche Anregung der Verleger — nach mehrmaligen Änderungen — in der hier vorliegenden Weise durchgeführt worden.

Elektrotherapie der Hypo- und Akinesien (Lähmungen).

Die Elektrotherapie der Paresen und Paralysen verdient aus dem Grunde, weil sie seit den ältesten Zeiten erfolgreich geübt und

---

[1]) Näheres hierüber findet sich in meiner oben citirten Schrift in der Wiener Klinik VIII. und IX. H., 1886.

die Elektricität von verschiedenen Autoren mit Recht als ein Antiparalyticum par excellence bezeichnet wurde, an erster Stelle besprochen zu werden. Da die Wirkung der Elektricität auf gelähmte Körpertheile eine doppelte, nämlich directe und reflectorische ist, wird auch die Behandlung der Lähmungen auf doppelte Weise einzuleiten sein und sich sowohl auf den locus morbi (im Centrum), wie auch auf den locus symptomatis, d. h. am gelähmten Theile (an der Peripherie) zu erstreken haben. Die erste Behandlungsmethode genügt der Causalindication, ohne deren Erfüllung von keinem dauernden Erfolge die Rede sein kann und ist die Möglichkeit, derselben mit Hilfe der Elektricität zu genügen, durch die praktischen Erfolge erwiesen. Es wird daher vor allem Andern der Theil des Centralnervensystems, von dem einerseits Nervenstämme des gelähmten Gebietes abzweigen und in welchem andererseits die trophischen Centra für das erkrankte Gebiet zu suchen sind, der elektrischen Behandlung unterzogen werden müssen, um durch directe Erregung (Reiz), sowie durch Beeinflussung der Circulation und Nutrition, ferner durch Steigerung der Erregbarkeit vorerst direct auf die gelähmten Nervenstämme einzuwirken, ferner um durch die resorbirenden Wirkungen der Elektricität, die durch den Krankheitsherd (bei centralem Sitz der Läsion) secundär veranlassten Störungen zu heben.

Die periphere Behandlung bezweckt bei ungestörter Ernährung und normalem elektrischen Verhalten der gelähmten Nerven und Muskeln einerseits die directe modificirende (erregbarkeitssteigernde) Beeinflussung dieser selbst, andererseits aber auch die reflectorische Erregung des zugehörigen Abschnittes des nervösen Centralapparates, u. zw. sowohl auf dem Wege der sensiblen, wie auch der motorischen Nerven. Sind aber die gelähmten Theile auch in ihrer Nutrition gestört, so ist eine directe Behandlung derselben besonders nöthig, um einerseits durch modificirende und katalytische Effecte die feinern nutritiven Störungen zu beseitigen, das Fortschreiten der Atrophie aufzuhalten, die Rückbildung derselben und Regeneration anzubahnen, andererseits aber, um reflectorisch das erkrankte Centrum zu beeinflussen. Bei peripheren Erkrankungen ist es mitunter möglich (nach Erb), durch den oberhalb der Läsionsstelle (central von dieser) angebrachten elektrischen Reiz die Leitungshemmung für den Willensimpuls zu durchbrechen. Auch bei peripheren Ursachen der Lähmung kann mittels eines entsprechenden Reflexbogens zumal auf sensiblem Wege das erkrankte Gebiet günstig beeinflusst werden.

Zur Erzielung reflector. Wirkungen wähle man immer den kürzesten Reflexbogen, so z. B. bei Facialislähmungen den Trigeminus, bei spinalen Lähmungen die entsprechenden sensiblen Nerven und spinalen Wurzeln. Auch durch Reizung der Haut lassen sich bekanntlich vasomotor. Veränderungen in den nervösen Centralorganen herbeiführen wie auch functionelle Störungen beeinflussen (so z. B. bessert sich nach peripherer Faradisation und Galvanisation die Sprache etc.). Zur Auslösung der reflector. Effecte applicire man die stärker erregende Ka stab., lab. und interm. am Nerven, beziehungsweise an der Haut und verwende außerdem noch V. A., die Galvanofarad., die Farad. der motor. Nerven mittels feuchter Elektroden, sowie die allgem. Farad., letztere vorzugsweise zur Hautreizung. Zu gleichem Zwecke empfiehlt sich die farad. Pinselung umschriebener Hautstellen von einigen cm^2 Flächeninhalt, an den von der Lähmung betroffenen Körpertheilen durch 10 Min. (nach Vulpian) oder die farad. Pinselung ausgebreiteter Hautpartien am Rücken und den Extremitäten mit der Ka des secundären Inductionsstroms, während die An (als feuchte Schwammkappenelektrode) am Sternum ruht (nach Rumpf). Die Stromstärke für diese Hautreize muss möglichst gering gewählt und kann eher die Sitzungsdauer verlängert werden. Intensive Ströme sind zu

vermeiden, weil sie leicht zur Erschöpfung motor. und Überreizung sensibler Nervenbabnen führen. Znr Erzielung katalyt. Effecte, zur Beseitigung nutritiver Störungen und Verhindernng des Fortschreitens der Atrophie verwendet man vorzugsweise den galv. Str. und applicirt successive beide Pole an die Nervenstämme, zumal an die Läsionsstelle, hierauf die Ka interm. an die Nerven und Muskeln. Besonders durch Auslösung von Muskelcontractionen wird auch deren Erregbarkeit gesteigert, ihr Ernährungsznstand gebessert, ibre Atrophie beschränkt. Zur Auslösung der erregenden Wirkungen der Elektr. empfiehlt es sich, bei Lähmungen außer der Behandlung des Hirns und Rückenmarks noch lab. und interm. abst. RNStr. und RMStr. (An im Nacken) sowie PlNStr. und ferner Farad. der Nervenstämme (nämlich ihrer motor. Punkte) und der Muskeln (indirect uud direct) mittels feuchter Elektroden, zumal bei erhaltener farad. Erregbarkeit, dann die Galvanofarad., schwache constante Ströme nach Lefort und Valtat, wohl auch die Frankl. in Anwendung zu ziehen.

Aus praktischen Gründen seien die am besten studirten und leicht erkennbaren Facialislähmungen (Bell'sche Lähmungen), deren Sitz, Ausbreitung und Prognose durch die elektrische Untersuchung in präciser Weise sich bestimmen lässt, an die Spitze der speciellen Elektrotherapie der Lähmungen gestellt.

Auf Grund der elektr. Untersuchung unterscheidet man unter den rheumatischen Facialparalysen (welche weitaus die größte Mehrzahl sämmtlicher Gesichtslähmungen bilden) 3 betreffs ihrer Intensität und Prognose verschiedene Formen, nämlich *a)* die leichte Form, charakterisirt durch normale elektr. Befunde, mit günstiger Prognose (Heilung in 2—3 Wochen); *b)* die Mittelform, kenntlich an der part. EaR. mit relativ günstiger Prognose (Heilung in 6—10 Wochen) und *c)* die schwere Form mit compl. EaR und ungünstiger Prognose (Heilung — wenn überhaupt, so erst — in 6—15 Monaten).

Die Differentialdiagnose zwischen rein centralen und peripheren Facialislähmungen gelingt leicht durch eine genaue elektr. Untersuchung (die bei centralen Lähmungen anfangs Steigerung, dann normale Befunde, nie aber EaR liefert). Uebrigens bleiben bei rein cerebralen Lähmungen die oberen Facialiszweige für den M. front. und orb. palp. gewöhnlich von der Lähmung verschont, dafür kommen aber gewöhnlich noch andere Hirnerscheinungen vor.

Die Therapie soll darauf gerichtet sein *(a)* in loco morbi die Entzündungsproducte rasch hinwegzuschaffen und *(b)* durch Anregung nutritiver Vorgänge der Muskelatrophie, den Contracturen und Zuckungen vorzubeugen, sie aufzuhalten oder zu beschränken; sie gliedert sich demnach *(a)* in stab. Galv. des Nervenstammes nnd seiner Äste, sowie *(b)* in periph. lab. und interm. Galv. und Farad. der Nervenzweige nnd der einzelnen gelähmten Muskeln. Die directe Behandlung *(a)* wird eingeleitet dnrch transv. occipit. H. G. zumeist durch die Felsenbeine, u. zw. zuerst mit der An, dann mit der Ka an der erkrankten Seite, sowie durch Galv. a. H. Zur periph. Behandlung *(b)* wird die An des const., bezw. ind. Str. (als feuchte Elektrode) in die Fossa auric. der gelähmten Seite aufgesetzt und mit der Ka (je 40) kurze Striche (zur Auslösung höchstens ganz leichter Zuckungen) an den motor. Punkten der Nervenzweige und Muskeln ausgeführt. Den M. orb. palp. erregt man am besten durch circuläre Striche am geschlossenen Auge mit Str. D. $^1/_{10}$—$^1/_{20}$; Sitzungen täglich. Bei veralteter Facialislähmnng setzt man nach M. Rosenthal die An an die Wangenschleimhaut (intrabucal) an und behandelt jeden einzelnen Muskel in der angegebenen Weise von seinem motor. P. aus mit der Ka. Auch stab. Galv. (Ka am Facialisaustritt, An indifferent) führt (nach E. Remak und M. Meyer) zu günstigen Erfolgen; außerdem empfiehlt de Watteville die Galvanofarad., Benedikt V. A., Charcot und Ballet die Frankl. (Ladungen und Funken). Zur Überwindung der Leitungshemmungen für den Willensimpuls *(c)* werden nach Erb und Russel-Reynolds die sensiblen Trigeminusäste mittels des farad. Pinsels gereizt.

Die Erfolge entsprechen der gestellten Prognose; gewöhnlich lässt sich schon in kurzer Zeit der Muskeltonus wiederherstellen und etwa vorkommende Parästhesien im Facialisgebiete beseitigen. Dagegen kann man selbst durch frühzeitige Behandlung keine schwere Form in eine Mittelform oder leichte umwandeln. Trotzdem sollen aber auch selbst die verzweifeltsten Formen sobald als möglich der elektr. Behandlung unterzogen werden, nm den Contracturen entgegenzuwirken, gegen welche die Elektr. wenig ausrichtet, die aber durch unzweckmäßige, forcirte Behandlung herbeigeführt werden können.

Die anderweitigen (cerebralen, bulbären etc.) Facialparalysen werden je nach dem Sitze ihrer Erkrankung central, sodann auch peripher entsprechend den hier entwickelten Methoden behandelt.

Die masticator. Gesichtslähmung (Kaumuskellähmung) infolge Lähmung des Inframaxillarastes des Trigeminus ist im ganzen selten und zumeist durch basale oder bulbäre Ursachen bedingt. Die Behandlung derselben besteht in transv. und diag. H. G., Galv. a. H. und in directer Erregung der gelähmten Kaumuskeln mit der interm. Ka des const. oder ind. Str. von den mot. Punkten aus, sowie in Erregung der sensiblen Trigeminuszweige mittels des farad. Pinsels.

Augenmuskellähmungen sind mitunter centralen (bulbären, tab. etc.), zumeist jedoch periph. (rheum., luet., dipht. etc) Ursprungs. Frische Fälle ergeben eine zumeist günstige Prognose; die Behandlung ist combinirt (central und peripher), u. zw. je nach dem Sitze wird die transv. H. G. als pariet., temp. oder occip. vorgenommen und hiebei zunächst die An an die eine Seite und dann die Ka an dieselbe Seite applicirt; desgleichen wird die Galv. a. H. (Benedikt, Erb, E. und R. Remak) ausgeführt; außerdem empfiehlt es sich noch, die Ka auf das geschlossene erkrankte Auge, die An auf die entgegengesetzte Nackenseite und am Hinterhaupte zu appliciren. Bei der periph. galv. oder farad. (oder nach de Watteville galvanofarad.) Erregung der gelähmten Muskeln kommt die An an die Stirn (Benedikt) oder an den Nacken (Erb) und werden mit der kleinen Ka je 40 Striche, entsprechend dem betreffenden Muskelansatze (u. zw. bei Abducenslähmung außen, bei Trochlearislähmungen innen und oben und bei Oculomotoriuslähmung je nach den befallenen Muskeln, nämlich bei Lähmung des M. rect. int. innen und bei Lähmung der Mm. rect. sup. und lev. palp. oben am Bulbus, bezw. am entsprechenden Orbitalrande) ausgeführt. Nach Gozzini werden die Ansätze der gelähmten Muskeln mittels einer Haarpinselelektrode, nach M. Rosenthal mit einer feinen, geknöpften Elektrode direct im Conjunctivalsacke (epibulbär) aufgesucht, was nach vorausgegangener gründlicher Cocaïnisirung ganz gut vertragen wird.

Bei Accommodationslähmungen (Mydriasis) wird die An auf die Mitte des Bulbus über dem geschlossenen Auge applicirt und mit der Ka längs des Orbitalrandes rings um das Auge gestrichen (Benedikt), übrigens kann hiezu auch der farad. Str. benützt, bezw. direct epipulbäre Erregung nach vorausgegangener Anästhesirung vorgenommen werden.

Accessoriuslähmung (die zumeist periph., wohl auch bulbären Ursprungs, oder Theilerscheinung der Muskelatrophie sein kann, betrifft hauptsächlich den Kopfnicker und den Cucullaris und) wird mittels stab. RStr., sodann mittels transv. occip. H. G. und periph. lab. und interm. Erregung der gelähmten Muskeln von ihren motor. P. aus (mit der Ka) behandelt. Überdies empfiehlt sich (nach Erb) noch die Farad. der Haut über den gelähmten Muskeln (zur Erzielung reflector. Wirkungen).

Hypoglossuslähmung (die am Abweichen der Zunge nach der erkrankten Seite, Kau- und Sprachstörungen, Salivation etc. leicht erkennbar ist) wird mittels transv. occip. H. G. und periph. interm. Erregung der Hypoglossusäste für die einzelnen Zungenmuskeln, sowie directer Erregung der einzelnen Zungenmuskeln mit der kleinen Mundelektrode (als Ka) intrabucal behandelt.

Die Schlinglähmung (betrifft von den Hirnnerven die Erkrankung des Trigeminusastes für den M. tensor veli palat., sodann des Glossopharyngeusastes für den M. stylopharyng. und endlich mot. Vagusäste für den Schlundkopf, ist an der Gaumensegelparese, der näselnden Sprache, dem Entweichen von Flüssigkeit aus dem Munde und dem Unvermögen, die Buchstaben s, c, x leicht und rein auszusprechen, kenntlich und) wird mittels transv. occip. H. G., transv. Galv. durch die Wangen. Galv. a. H., diag. interm. Galv. vom Nacken (An) zu den Wangen, zum Boden der Mundhöhle, sowie zum Gaumensegel, durch Auslösung reflector. Schlingbewegungen, sowie local. Farad. des Gaumensegels behandelt (Erb, M. Rosenthal etc.).

Stimmbandlähmungen (sind verschiedentlichen Ursprungs, betreffen die laryng. Vagusäste, erzeugen Dysphonie oder paralyt. Aphonie und) werden mittels transv. occip. H. G., Galv. des Halsmarks, sowie mittels interm. intra- oder noch besser extralaryngealer Galv. oder Farad. behandelt. Die An kommt hiebei in den Nacken und werden mit der kleinen knopfförm. Ka vom Unterkieferwinkel längs des Kehlkopfs und der Trachea kräftige Striche nach auf- und abwärts, sowie V. A. quer durch den Kehlkopf ausgeführt. Intralaryngeal werden die Kehlkopfmuskeln reflect. von der Schleimhaut aus mit den Elektroden Fig. 72, pag. 219, erregt.

Bei Respirationslähmungen (Asphyxie) werden die Phrenici (zur Einleitung der künstl. Respiration) bei Application des einen Poles am N. phren. der einen Seite (cfr. pag. 268) und des anderen Poles ins Epigastrium oder bei Application beider Pole an die Nn. phren. am Halse und Hervorrufung forcirter rhythmischer Inspirationen durch entsprechende rhythmische Unterbrechung des Stromes (cfr. pag. 341) faradisirt (Duchenne, v. Ziemssen etc.).

Bei Lähmung des N. musculocutan. kommt die An in den Nacken und die Ka interm. an den Erb'schen Supraclavicularpunkt; überdies werden die Nerven und Muskeln mit der interm. Ka von ihren motor. P. aus gereizt; die An kommt dabei an den Erb'schen Supraclavicularpunkt oder den Plex. brach. (Erb).

Bei Radialislähmung wird die An auf den Plex. brach., die Ka stab. an die Umschlagstelle des N. rad. am hum. oder an der Druckstelle (bei Drucklähmungen) applicirt ($^1/_{24}$—$^1/_{18}$ Str. D., nach E. Remak $^6/_{20}$—$^8/_{20}$ durch 2—3 Min.); wo dies nicht zum Ziele führt, wird die An, wie vorher applicirt und mit der Ka je 40mal an der Umschlagstelle des N. rad. gestrichen, sowie V. A bei der eben erwähnten Polstellung ausgeführt, oder aber kommt die An in den Nacken und wird mit der Ka etwa 40mal am Plex. brach. gestrichen, daneben cutane Farad. vorgenommen (Erb, E. Remak).

Bei Lähmung des N. uln. werden entweder interm. PlNStr. oder dergleichen NMStr. ausgeführt.

Bei Lähmung des N. med. kommt die An an den Plex. brach. oder den Erb'schen Supraclavicularpunkt und werden mit der interm. Ka die Nerven und Muskeln von ihrem motor. Punkte aus erregt.

Bei der combinirten Erb'schen Schulter-Armlähmung wird die An in den Nacken oder am Plex. brach. applicirt und mit der interm. Ka die einzelnen gelähmten Nerven und Muskeln von ihren motor. Punkten aus gereizt.

Bei Serratuslähmung wird die An an die Halswirbelsäule stab. applicirt und mit der Ka (lab. und interm.) der N. thorac. long. in der Oberschlüsselbeingrube, Achselhöhle und längs seines Verlaufs gereizt (O. Berger).

Bei Zwerchfellähmung wird der farad. Str. einerseits quer durch die Rippen (entsprechend dem Ansatze des Diaphragmas) von der einen Körperseite zur andern, sodann vom Rücken zum Epigastrium mittels feuchter Elektroden geleitet; außerdem findet Farad. der Phrenici mittels feuchter Elektroden (An ins Epigastrium, Ka an die Phrenici), sowie farad. Pinselung der Haut und directe stab. galv. Behandlung des Halsmarks und der Med. oblong. statt (Duchenne).

Bei Lähmung der Sacrolumbal- und Bauchmuskeln kommt es auf directe galv. und farad. Reizung mit der (lab. und interm.) Ka oder V. A. bis zur Auslösung deutlicher Muskelcontractionen an (Erb).

Bei Lähmung der Nn. crural., ischiad. und peron. werden abst. stab. RStr., sowie abst. interm. RNStr. (mit hauptsächlicher Beeinflussung des untern Rückenmarksegments), RMStr. (vom Kreuzbein aus), PlNStr. und PlMStr. (vom Mastdarme aus) angewendet. Auch können die Muskeln hier, gleichwie bei den Lähmungen der Nerven der oberen Extremität von ihrem motor. P. aus mittels des farad. Str. gereizt werden; desgleichen empfiehlt es sich bei allen Lähmungen von Extremitätennerven cutane farad. Pinselung zur reflector. Einwirkung im Gebiete der gelähmten Muskeln vorzunehmen.

Diphtheritische Lähmungen befallen vorzugsweise die Muskeln des Schlundkopfes und weichen Gaumens, aber auch die Stamm- und Extremitätenmuskeln und beeinflussen mitunter auch die Herzthätigkeit. Die Behandlung derselben besteht in stab. Galv. des Kopfes, nämlich transv. occip. H. G., sodann in Galv. a. H., ferner in abst. RStr., sowie in abst. RNStr. und RMStr. Das Herz wird mit 70—80 V. A. per Min. von der Herzgegend zur Brustwirbelsäule, bei Anwendung großer Elektroden und schwacher Ströme (D. = $^1/_{18}$) behandelt (Erb, Rumpf, R. Schulz). Nach acuten Exanthemen, Variola, Intermittens, Typhus (Reitter) Dysenterie, Cholera, Puerperalfieber etc. kommen ähnliche und ähnlich zu behandelnde Lähmungen vor.

Syphilitische Lähmungen befallen verschiedene Organe und werden nach vorausgegangener antisyphilitischer Therapie elektrisch nach den im Vorigen entwickelten Grundsätzen symptomatisch behandelt. Ich habe in dieser Richtung mehrere recht schöne Resultate erzielt.

Die Bleilähmung (eine Spinalerkrankung, charakterisirt durch das Ergriffensein der Extensoren der Hand und Finger mit Ausschluss der Supinatoren) wird mit stab. Galv. der Cervicalanschwellung (vom Halsmark zum Sternum mit breiten Elektroden) und des Rückenmarks, ferners mittels Galv. a. H., sowie mit abst. interm. RNStr. und RMStr. (An hiebei an der Cervicalgegend) behandelt. Bei der stab. Application empfiehlt es sich, häufig die Pole (selbstverständlich nur mit Ein- und Ausschleichen) zu wechseln (Benedikt, Erb, Fieber, Friedreich, Nesemann, Onimus, C. W. Müller, R. und E. Remak etc.) Auch farad. Str. sind (nach Duchenne und M. Meyer) angezeigt. Bleikolikanfälle haben Rothe und E. Remak durch Faradisation vom Mastdarm zu den Bauchdecken coupirt. Auch die loc. Frankl. wurde von Golding Bird, Charcot, Fieber, Morton etc. erfolgreich angewendet. Die Behandlung erstreckt sich gewöhnlich über viele Monate, aber sie hat in

mehreren Fällen zu Heilerfolgen geführt. Ähnliche und ähnlich zu behandelnde Lähmungen treten noch auf nach Intoxicationen mit Arsen, Kupfer, Quecksilber und Zink. Bei Reflexlähmungen suche man zuerst die reflexerregende und unterhaltende Ursache zu beseitigen und wende sodann die Elektr. symptomatisch an. So heilte Karmin eine seit 3 Jahren bestehende renale Reflexparaplegie mittels central. Galv. und periph. Farad. der gelähmten Muskeln innerhalb 30 Sitzgn.

Muskellähmungen, idiopathische, juvenile, progressive, sodann Inactivitätsatrophien, sowie Muskellähmungen und Atrophien nach Gelenksleiden (ohne EaR) befallen zumeist den Deltoid. und Quadriceps, seltener das Peroneusgebiet und werden wie neurotische Paralysen und Atrophien mittels abst. RNStr., RMStr., sowie directer Galv. und Farad. der befallenen Muskeln, wohl auch mit schwachen continuirlichen Strömen nach Lefort und Valtat behandelt (Benedikt, Erb etc.).

Elektrotherapie der Hyperkinesien (Krämpfe, Contracturen etc.).

Krämpfe sind eine wenig dankbare Aufgabe jeder, also auch der Elektrotherapie, zumal den Lähmungen und Neuralgien gegenüber. Die Hauptaufgabe wird hier in erster Richtung darin bestehen, das als krampferregend erkannte Grundleiden (Neuritis, Hysterie. Neurasthenie oder peripherische Reize bei Reflexkrämpfen etc.) der entsprechenden elektrischen Behandlung zu unterziehn; sodann werden Punkte an der Wirbelsäule oder den Nervengeflechten aufzusuchen sein, die infolge von Druck oder infolge stabiler Einwirkung der Ka des galvanischen Stromes den Krampf auslösen oder beschränken, um von diesen aus durch stabile Anodenbehandlung die deprimirenden (antispastischen Wirkungen des Anelektrotonus zu entfalten. Wenn solche Punkte nicht vorhanden sind, wird man den Krampf durch die ermüdenden und erschöpfenden Effecte eines noch stärkeren peripherisch angebrachten Reizes zu lösen suchen; schließlich wird man mit Hilfe der katalytischen Stromwirkungen etwa noch vorhandene pathologische Processe, welche den Krampf unterhalten (wie z. B. hyperämische, entzündliche oder exsudative Processe in der Umgebung der Nerven etc.), zum Schwinden zu bringen trachten.

Die Methoden, die hier in Anwendung zu bringen sind, bestehen demzufolge in entsprechender Behandlung des Gehirns, Rückenmarks oder der periph. Nervenstämme mittels stab. Galv. (um der Causalindication zu genügen), u. zw. nach de Watteville zunächst in aufst. und sodann in abst. Richtung; nach R. Remak werden abst. Str. durch Nerven und Muskeln, u. zw. stab. bei Contracturen und interm. bei Reflexkrämpfen in Anwendung gezogen. Zur Entfaltung der modificirenden (antispastischen) Wirkungen werden galvanische wie Druck-Krampfpunkte bei indiff. Appl. der Ka (unter vorsichtigem Ein- und Ausschleichen) der stab. Anodenbehandlung unterzogen; modificirend und zugleich katalytisch wirkt die stab. Galv. sensibler Nerven und ihrer Ausbreitungen, sowie die Galv. a. H.; ähnlich sind die Wirkungen farad., mittels feuchter Elektroden auf motor. Centralorgane, sowie periph. Nerven und Muskeln applicirter Ströme (R. Remak), zumal bei Anwendung der schwellenden Ströme (Frommhold's). Mittels der hemmenden Wirkungen abst. RStr. bestimmter Intensität (nach Ranke) hat u. A. Bärwinkel Erfolge erzielt; starke Hemmungswirkungen lassen sich durch energische, periph., farad. Pinselung (an der Wirbelsäule und im Epigastrium), sowie durch farad. Erregung der Antagonisten (Duchenne, Erdmann, Brenner) erzielen; bei paralytischen Contracturen werden die erschlafften Antagonisten mittels

starker farad. Str. (mit feuchten Elektroden) behandelt; als Gegenreiz empfahlen ferner Benedikt, M. Meyer und de Watteville (z. B. bei Tic convulsif) die Anwendung von V. A. durch die afficirten Nerven und Muskeln. Von verschiedenen Seiten wird überdies noch die Frankl. zur Behandlung der Hyperkinesien empfohlen.

Die Behandlungsdauer ist oft langwierig, die Sitzungen werden mitunter im Tage wiederholt werden müssen; die Prognose ist günstig bei rheum. Contracturen, Reflexkrämpfen, sowie bei den mit galv. oder Druckpunkten einhergehenden Krämpfen, indessen zumeist ungünstig bei allen sympt. Krämpfen und Contracturen.

Masticatorischer Gesichtskrampf, Kaumuskelkrampf (tonisch Trismus, clonisch Zahnklappern, Zahnknirschen, genannt) geht von den motor. Partien des N. trig. aus und wird mittels stab. Anodenbehandlung (Gerhardt), stab. Galv. quer durch die Kiefergelenke, Farad. der Abzieher des Unterkiefers mittels feuchter Elektroden (Fr. Fieber) aber auch mit farad. Pinselung des betreffenden Gebiets der Gesichtshaut und wo dies nicht zum Ziele führt, mit stab. Galv., sowie Öffnungen und Schließungen im metallischen Theile der Leitung wohl auch nach Benedikt mit V. A. behandelt. Einen Fall von sehr heftigem, continuirlichen, bilateralen, clonischen Masticationskrampf, der nur im Schlaf sistirte und jeder andern Therapie trotzte, brachte Benedikt durch die Franklinisation, u. zw. durch Anwendung des elektr. Windes sofort zum Stillstand, welcher Erfolg durch mehrere Tage währte nnd sich bei Wiederholung der Frankl. für immer längere Zeit wiederholte.

Mimischer Gesichtskrampf, Facialiskrampf, Prosospasmus kommt diffus oder partiell, tonisch oder clonisch vor. Der diffuse clon. Gesichtskrampf heißt Tic. convulsif, der partielle tonische (am M. orb. palp.) wird Blepharospasmus und der partielle clon. Nictitatio oder Spasmus nictitans genannt.

Bei Tic convulsif suche man zunächst Krampfdruckpunkte auf die am N. supra- und infraorb., an der Mund- und Nasenschleimhaut, an der Halswirbelsäule, dem Sternum, den Intercostalräumen, dem Handgelenk etc. vorzukommen pflegen und behandle diese in der angegebenen Weise mit der stab. An und vorsichtigem Ausschleichen bei Anwendung einer Str. D. von $^1/_{18}$ durch 3—5 Min. täglich (R. Remak, M. Meyer, Möbius), von welcher Methode ich sehr schöne Erfolge hatte. Wenn keine Druckpunkte vorhanden sind, so postire man die An. stab. direct auf den Nervenstamm vor dem Tragus oder dicht hinter dem Ohre (Ka indifferent) oder wende die lab. Galv. der einzelnen Muskeln mit der An oder nach Benedikt V. A. an. Bei centraler Ursache (an der Schädelbasis oder am Ohr) wende man die transv. occip. H. G. (An auf der leidenden Seite) an; oder man postire (nach de Watteville) die (großflächige) An 5—6 *cm* über dem Ohre, so dass die ganze Gegend der aufst. Frontal- und Parietalwindung bedeckt wird, die Ka an den Nacken und wende eine Str. D. von $^1/_{20}$ durch 5—10 Min. stab. an (Ein- und Ausschleichen); oder man applicire (nach Erb nnd Berger) eine große (an den Kopf sich gnt anschmiegende, wohlbefeuchtete) An auf die der leidenden Seite gegenüberliegende Scheitelregion, um das Rindencentrum des Facialis (in den untern Abschnitten der beiden Centralwindungen) zu treffen, die Ka am Rücken, oder man benütze bei gleicher Polanordnung die elektr. Hand durch 5—10 Min. (Ein- und Ausschleichen). Bei Krämpfen reflector. Ursprungs behandle man (nach Berger) das Reflexcentrum in der Oblongata mittels stab. Galv.: An an das Hinterhaupt (Nacken), Ka an die Dorsalfläche der Hand, Str. D. $^1/_6$—$^1/_{12}$, Dauer 10—15 Min. Erfolge wurden bei Tic convulsif noch erzielt mittels der Galv. a. H. (R. und E. Remak), mittels stab. abst. Galv. durch den Facialisstamm (An auf das centralere, Ka auf das periph. Ende des Nerven, R. Remak), sowie mittels der schwellenden farad. Str. (Frommhold's) am Facialis (Benedikt, Erb, E. Remak). Als kräftige Gegenreize werden noch die farad. Pinselung des Nackens, der Ohrgegend etc. empfohlen.

Mit dem Tic convulsif (der Autoren) ist der Paramyoclonus multiplex (Friedreich) und die Chorea electrica (Henoch) nahe verwandt. Diese 3 zusammengehörigen, wenig von einander unterschiedenen Krampfkrankheiten werden denn anch nach denselben Principien behandelt. Mittels centr. stab. Galv., Galv. des Rückenmarks und lab. Galv. der zuckenden Muskeln wurden beim Paramyoclonus Erfolge erzielt (so von Schultze in Heidelberg, Löwenfeld, Seeligmüller, E. Remak etc.); Chorea electrica behandelte M. Meyer erfolgreich durch stab. Appl. der An ans Occiput.

Beim diffusen ton. Gesichtskrampf werden die gesunden Muskeln der farad., die erkrankten der galv. Behandlung unterzogen.

Beim Blepharospasmus wende man auch zunächst sein Augenmerk den etwa vorhandenen Druckpunkten zu, deren es nach Gräfe zweierlei, nämlich primäre, d. h. von Anfang an bestehende und inducirte, d. h. während der Krankheit entstandene, gibt und die am N. supra- und infraorb., der Nasenschleimhaut, Mundhöhle, dem Gaumenbogen, der Wirbelsäule, dem Handgelenk etc. vorkommen. Diese werden der stab. Anodenbehandlung unterzogen; außerdem wendet man, wie beim Tic convulsif noch Galv. a. H., Anodenbehandlung der Oblong. (An an das Hinterhaupt) oder An auf das geschlossene Augenlid, Ka indifferent, ferners schwellende farad. Str., V. A. etc. an (Gräfe, R. Remak, Benedikt etc.).

Von hohem elektrotherapeut. Interesse ist der folgende Fall von reflector. Blepharospasmus: Bei einer Mensur erlitt ein Mediciner eine Verletzung der linken Wangengegend, welche die Unterbindung der Art. infraorb. sin. zur Folge hatte. Heilung per primam, bewegliche Narbe; nach 10 Tagen heftiger Krampf der Mm. orbic., corrug., front., und 1 Tag später auch der gleichnamigen rechtsseitigen. Tonisch-clonische Krämpfe im Gebiete des oberen Facialisastes von möglichst größter Heftigkeit ohne Unterlass. Nach 5 Mon. und verschiedentlichen erfolglosen Heilversuchen, Behandlung durch Prof. O. Berger. Druck auf den linken N. infraorb. sistirte vorübergehend den Krampf; stab. Anodenbehandlung dieses Hemmungspunktes hatte nach 3 Sitzgn. nur vorübergehenden kurzen Erfolg. Da hier offenbar ein Reflexkrampf, ausgehend vom N. infraorb. (Trigemini) auf den Facialis vorlag, und das betreffende Reflexcentrum in der Med. oblong. liegt, das sich jedenfalls im Zustande gesteigerter Reizbarkeit befunden haben musste, entschied sich Berger für die directe Behandlung der Med. oblong. (An als große Schwammkappenelektrode auf das Hinterhaupt, dicht unter der Protuberanz, Ka in die Hand, Ein- und Ausschleichen eines „mittelstarken Stromes“ bei 10 Min. Dauer) und erzielte durch eine einzige Sitzg. sofort Sistirung des Krampfes, der auch nicht mehr wiederkehrte. Dieser überraschende Erfolg kann nur der anelektrotonisirenden Einwirkung des galv. Str. auf das im Zustande krankhafter Erregbarkeitssteigerung befindliche Reflexcentrum zugeschrieben werden.

Krämpfe der Augenmuskeln werden entsprechend ähnlich behandelt, wie Facialiskrämpfe.

Gegen Stimmkrampf (Spasmus glottidis phonatorius) und Aphthongie (Reflexaphasie, d. i. Krampf im Hypoglossusgebiet) werden stab. abst. RStr. (An im Nacken, Ka an der Lendenwirbelsäule) mehrfach empfohlen (E. Remak, M. Meyer, Fritsche, Jurasz). Schnitzler erzielte einen raschen Erfolg durch stab. Appl. der An im Nacken und Ausführung einiger Striche zu beiden Seiten der Lendenwirbelsäule mit der Ka. Krampfdruckpunkte, oft an sehr entfernten Stellen vorkommend, sind der stab. Anodenbehandlung zu unterziehen.

Krämpfe im Gebiete des Accessorius treten tonisch oder clonisch, ein- oder beiderseitig infolge verschiedener Ursachen (rheum., traum., reflector., infect. etc.) auf. Der einseitige clon. Kopfnickerkrampf (das Kopfwackeln), der beiderseitige Kopfnickerkrampf (Nick- oder Salaamkrampf), der ton. Kopfnickerkrampf (Caput obstip. spast.), der ton. Torticollis rheum., die Krämpfe in den Kopf-, Nacken-, Hals-, Schulterblattmuskeln etc. gehören hieher. Die Behandlung dieser Krämpfe richtet sich nach allgem. Grundsätzen: Anodenbehandlung etwa vorhandener Krampfdruckpunkte, Anodenbehandlung der Med. oblong., des Halsmarks, sowie nach Erb des betreffenden Abschnittes des gegenüberliegenden Hirnrindengebietes mittels der großen Kopfelektrode, Galv. a. H., long., diag. und transv. H. G., Anodenbehandlung des Stammes des N. acces., Galv. und Farad. der betroffenen Muskeln (Benedikt) oder deren Antagonisten (Adamkiewicz), V. A., Frankl. etc. E. Remak behandelte einen Halsmuskelkrampf des rechten Accessoriusgebiets durch Galv. der betreffenden Proc. transv. dext. mittels stab. An und erzielte Heilung. (R. Remak — der Vater — wandte bei derselben Patientin vor 15 Jahren gegen dasselbe Leiden dieselbe Medication ebenfalls mit günstigem Erfolge an). Die Krämpfe im Splen. capit. treten oft infolge Schwäche des Antagonisten (d. i. des 2. Splen. capit.) auf; Farad. dieses anscheinend gesunden Muskels führt zur Heilung (Adamkiewicz). Der Torticollis rheum. ton. ist noch eines der günstigeren Objecte unter allen diesen Formen für die elektr. Behandlung und erzielt man mittels stab. An oder V. A., oder kräftiger Farad. hier Erfolge (Erb, Erdmann, M. Rosenthal). In einem Falle von Krampf im Levat. ang. scap. erzielte M. Meyer mittels V. A. durch den Muskel innerhalb 2er Sitzungen Heilung. Im ganzen aber sind die Krämpfe im Accessoriusgebiete zumeist langwierig (so erzielte M. Meyer bei clon. Krämpfen in einzelnen Halsmuskeln mittels der vorgenannten Methoden erst nach 175 Sitzungen Besserung

und erst viel später Heilung) oder lassen sich durch elektrotherapeut. Eingriffe ebensowenig, wie durch andere therapeut. Mittel, beeinflussen

Nach gleichen Grundsätzen werden die Krämpfe der Rumpf- (Rücken- und Bauch-) Muskeln behandelt.

Respirationsmuskelkrämpfe (sind neuralg., rheum., toxischen, hysterischen Ursprungs oder kommen im Verlaufe von Tetanus und Epilepsie vor) befallen zumeist ausschließlich und in erster Richtung das Zwerchfell und verlaufen als ton., viel häufiger jedoch als clon. Krämpfe: Singultus, Nies-, Hust-, Lach-, Wein-, Schreikrampf etc. Die Therapie dieser Krämpfe besteht nach Erb in energischer cutaner Farad. im Epigastrium. Nützt dies nichts, so wende man Galv. und Farad. der Schlundnerven und Phrenici an oder führe Anodenbehandlung des Nackens, transv. occip. H. G., Reizung des Verbreitungsgebiets des N. laryng. sup. aus (Erb). De Watteville sah bei einem schon lange bestehenden excessiven Nieskrampf (zu seinem großen Erstaunen) nach 2mal. Appl. des galv. Str. auf die Nasenschleimhaut vollständige Heilung eintreten. Ich[1]) habe einen Fall von hartnäckigem Singultus durch Farad. der Phrenici am Halse mittels feuchter Elektroden in wenigen Sitzungen geheilt.

Bei Tussis nervosa erzielte Erb durch Farad. des Kehlkopfes und Halses, ferner durch stab. Galv. quer durch den Kehlkopf, sowie vom Nacken zum Kehlkopf in 5 Tagen Heilung.

Krämpfe der Oberextremität sind häufig Theilerscheinungen anderer Krankheitsprocesse, in welchem Falle zunächst der Causalindication zu genügen sein wird, und nur selten local (z. B. durch Gelenksleiden) veranlasst. Die Therapie besteht in stab. Anodenbehandlung der Krampfdruckpunkte am Plex. brach. und den Extremitätennervenstämmen, in stab. RStr., Galv. a. H., stab. transv. und occipit. H. G. (Str. D. $^1/_{30}$), sowie in abst. interm. Galv. und Farad. der Nerven und Muskeln. Auch V. A. und Frankl. wurden hier empfohlen (Benedikt, Erb, M. Meyer).

Krämpfe der Unterextremität sind ebenfalls häufig Theilerscheinungen anderer Krankheiten, viel seltener Reflexkrämpfe, in welchen Fällen vor allem andern der Causalindication genügt werden muss oder sie sind ebenfalls local veranlasst. Hieher gehören übrigens die verschiedentlich bedingten (hemi- und parapleg., rheum. etc. sowie Reflex-) Contracturen. Die Therapie besteht in stab. Galv. des Rückenmarks. Anodenbehandlung der Krampfdruckpunkte und des untern Theils der Wirbelsäule (bei Gelenksneurosen auch der Gelenke), in stab. abst. Galv. der Nervenstämme, in Durchleitung des galv. Str. (und zwar stab., interm. und mittels V. A.), sowie des primär inducirten Stroms (mittels feuchter Elektroden) durch die contracturirten Muskeln etc. (Bärwinkel, Benedikt, Erb, M. Meyer, E. Remak etc.).

Einen Fall von idiopathischem Cremasterkrampf behandelte O. Berger mittels stab. Galv. (An Lendenmark, Ka Scrotum) mit günstigem Erfolge.

Muskelspannungen (Katochus chron., Flexibilitas cerea) behandelt Benedikt mittels stab. RStr., Galv. a. H., sowie transv. occip. H. G.

Elektrotherapie der Hyper-, Dys- und Parästhesien, sowie der Algesien, Neuralgien, Cephalalgien, Myalgien etc.

Gleich den Lähmungen sind auch die Neuralgien Krankheitsprocesse, in denen die Elektrotherapie ihre schönsten Triumphe feiert. Wenngleich wir oft genug (z. B. bei den idiopath., typischen Neuralgien) über das Wesen und die Ursache des Leidens im unklaren sind, so bietet uns die Localisation desselben, das fast ausnahmslose Vorkommen von Valleix'schen, bezw. Trousseau'schen Schmerz-, Druck- oder galv. Schmerzpunkten, die prägnanten Symptome, sowie der Verlauf der Krankheit ausreichende Momente für die Therapie. In vielen Fällen lässt sich übrigens unschwer eine bestimmte patholog. Veränderung im Nerven oder seiner nähern oder entferntern Umgebung etc. als Causalmoment der Schmerzen auffinden (neurit., rheum., traum., toxische, reflector., symptomatische etc. Neuralgien). Die Therapie wird (zumal in diesen letztern Fällen) vorerst dem Causalmomente (wohl

---

[1]) Dr. R. Lewandowski, „Singultus durch Elektr. geheilt". Vortrag im wissenschaftl. Verein der Militärärzte der Wiener Garnison. Allgem. Wr. med. Zeitung. 1874, Nr. 16.

in den meisten Fällen durch Entfaltung directer oder indirecter katalyt. Wirkungen) zu genügen haben; in zweiter Richtung wird man bei dem Umstande, als die krankhafte Veränderung im sensiblen Nerven sich in einem erhöhten Reizzustande manifestirt, die deprimirende, antineuralg. Wirkung, der stab. Anodenbehandlung, u. zw. nicht nur der spontan schmerzenden oder nähern, sondern auch der entferntern Druckschmerzpunkte, z. B. an der Wirbelsäule etc. (Brenner, M. Meyer, Seeger) in Anwendung bringen (Anelektrotonus), und wo auch dies nicht zum Ziele führen sollte, in dritter Richtung den vorhandenen Reiz durch einen noch größern (Gegenreiz) zu überwinden suchen. Die Behandlungsmethoden werden diesen 3 Richtungen zu entsprechen haben; mir erwies sich die stab. Anodenbehandlung der schmerzenden Stellen, mit der größten Präcision ausgeführt, als ein selten versagendes, zuverlässiges Heilagens bei allen recenten typischen Formen von Neuralgien.

Die An wird als wohlbefeuchtete Schwammkappenelektrode entsprechender Größe (mit dickem, die Metalltheile überall reichlich deckenden und überragenden Schwammpolster, der mit lauwarmem Wasser durchtränkt ist) vollkommen stabil (am besten mittels einer Fixationselektrode) an der schmerzenden Stelle, die Ka entweder indifferent (z. B. am Sternum) oder auf die centrale Ursprungsstelle des zugehörigen Nerven (z. B. dem zugehörigen Rückenmarksegmente oder bei gemischten Nerven an den Extremitäten auf den betreffenden Plexus) ebenfalls stabil applicirt; die Stromdichte variirt zwischen $^1/_{45}$ und $^1/_{10}$, indessen fange ich immer mit den niedrigern Stromdichten an; die Stromdauer wahrt bis zur Coupirung des Schmerzes (selbst bis zu 10 Min.), wonach der Strom bei unverrückt gehaltenen Elektroden mittels eines (Gärtner'schen) Rheostats und entsprechenden Stromwählers ganz allmählig bis auf Null reducirt wird. Erst jetzt dürfen die Elektroden abgehoben werden. Während hiedurch die positive Modification nach der Stromöffnung vollständig umgangen wird und die beruhigende Wirkung des Anelektrotonus die Sitzung oft für mehrere Stunden überdauert, verstärken Stromschwankungen infolge ungleichmäßigen Haltens der Elektroden (sei es durch Bewegung des Kranken oder der haltenden Hand des Arztes oder durch wechselndes Andrücken hervorgebracht) zumeist augenblicklich die Schmerzen, wovon ich mich des öftern zu überzeugen Gelegenheit hatte. Aus diesem Grunde dürfte es sich empfehlen, beide Elektroden am Körper des Patienten zu fixiren (Althaus, Benedikt, Berger, Brenner, Chvostek, Erb, Eulenburg, Lewandowski, M. Meyer, Weir-Mitchell, R. und E. Remak etc.). Bei gemischten Nerven werden nach dieser stab. Anodenbehandlung noch mit der Ka von ihren motor. Punkten einige Zuckungen der von ihnen versorgten Muskeln ausgelöst.

Neftel applicirt ebenfalls die An an die schmerzende Stelle, die Ka dagegen an die symmetrische Stelle der anderen Gesichtshälfte (symmetr.-polare Methode). Antineuralgische Wirkungen äußert auch der Inductionsstrom, wenn man denselben mittels feuchter Elektroden durch den zuführenden Nervenstamm leitet (M. Meyer); besonders wirksam erweisen sich Frommhold's schwellende Ströme, zumal als farad. Hand applicirt. Wo die stab. Anodenbehandlung nicht zum Ziele führt (und dies ist die Regel bei circumscripten Hauthyperästhesien und den lancinirenden Schmerzen der Tab. dors.), müssen, wie erwähnt, Gegenreize in Anwendung kommen. Die einfachste Anwendungsart derselben besteht darin, die Ka auf den schmerzenden Punkt, die An dagegen möglichst central an den betreffenden Nervenstamm oder an die Wirbelsäule stab. zu appliciren, wobei übrigens zugleich auch noch modificirende Wirkungen zur Geltung kommen (Benedikt, Erb, C. W. Müller, de Watteville); bei hartnäckigen Formen werden sogar V. A. empfohlen. Als Gegenreiz wird weiters der farad. Pinsel benützt, wobei die eine Elektrode als feuchte Schwammkappenelektrode dem Patienten in die Hand gegeben und der Pinsel als 2. Elektrode auf die

schmerzenden Punkte, sowie im Ausbreitungsgebiete der Schmerzen, wohl auch als elektr. Moxe applicirt wird (Duchenne, Leube, M. Meyer) oder gar als stärkster Gegenreiz der galv. Kathodenpinsel (Wiesner, Seeger) verwendet. (Nach der ersten farad. Pinselung findet in der Regel kein Sistiren der Schmerzen statt; Ausdauer soll indes zu sichern Erfolgen führen — Leube). Außerdem werden gegen Neuralgien noch empfohlen: locale Frankl. (Ballet, Beard und Rockwell, Blackwood, Dana, Drosdoff, Morton, Schwanda, Stein etc.), sowie die Anwendung schwacher continuirlicher Ströme (Ciniselli, Erb, Finkelnburg, Lefort, Valtat). Hartnäckige Neuralgien mit stab. Schmerzpunkten hat Neftel elektrolyt. durch Einsenkung einer Kathodennadel in den Schmerzpunkt erfolgreich behandelt; auch Trousseau verwendete die Elektropunctur zur Behandlung resistenter Neuralgien, während Frommhold u. a. gegen schwere Fälle von Ischias die Hautelektrolyse mittels blanker Metallelektroden in Anwendung zog. Gegen Neuralgien, die im Gefolge allgemeiner Neurosen und constitutioneller Anomalien einhergehen, ist die allgem. Farad. und Galv., sowie die centrale Galv. und die Galv. a. H. indicirt. Bei central bedingten Neuralgien empfiehlt sich ebenfalls die Galv. a. H., sowie die long. und transv. H. G. Bei Neuralgien an den oberen Extremitäten erwies sich außer den localen Applicationen noch die Galv. a. H. und bei Neuralgien an den untern Extremitäten die Galv. des untern Rückenmarksegmentes erfolgreich (Benedikt). Die Sitzungen sollen nöthigenfalls auch öfters im Tage wiederholt werden.

Die Trigeminusneuralgie (Prosopalgie, Tic douloureux, Fothergill'scher Gesichtsschmerz) wird je nach der Localisation als Neuralg. ophthalm., ciliar., supra- und infraorb., supra- und inframaxill., mental., alveol., lingual., auriculotemp. etc. unterschieden und nach den oben entwickelten Grundsätzen behandelt: stab. Anodenbehandlung der puncta dol., deren es nähere (nach Valleix z. B. am Foram. oder der Incis. supraorb., am obern Augenlid — Palpebralpunkt —, am Tub. pariet. — Parietalpunkt —, im innern Augenwinkel, auf dem Nasenknorpel, am For. infraorb., an der Lippe — Labialpunkt —, an der Austrittsstelle des N. infraorb. — Malarpunkt —, am Zahnfortsatz des Oberkiefers — Alveolarpunkt —, am For. ment., an der Unterseite der Zunge, am Gaumen etc.) und entferntere (nach Trousseau z. B. an der Protuberant. ext. des Hinterhauptbeins oder an den Dornfortsätzen des 2. und 3. Halswirbels etc.) gibt (Brenner, Erb, Hitzig, Lewandowski, Weiss etc.); stab. An an den Nervenstämmen (Austrittsstelle) Ka indifferent (Berger) oder Ka auf den Nacken (de Watteville, Benedikt); An im Nacken, Ka auf die einzelnen Äste des Nerven (Erb); Einschaltung der am meisten schmerzenden Stellen zwischen beide Pole (Wiesner); schwellende farad. Str.; farad. Hand in loco dolor. und längs des Symp. (Benedikt); farad. Pinselung des Helix, farad. Moxe im Nacken (M. Meyer); long. und transv. zumal occip. H. G., Galv. a. H.; stab. RStr. (Benedikt); allgem. Farad. und Galv. und centr. Galv.; Frankl. (Benedikt erwähnt eines Falles, in welchem die Neuralgie jeder galv. Cur durch längere Zeit widerstand und selbst nach der Nervenresection nicht schwand, dagegen durch den elektr. Wind sofort beruhigt und in einigen Sitzungen geheilt wurde). In einem Falle genau localisirter Neuralg. lingual. hat Neffe (in Gent) durch Farad. der Chorda tymp. mittels eines rasch unterbrochenen Stroms durch 20 Min. (das Ohr wurde mit lauwarmem Wasser gefüllt, der eine Rheophor in dasselbe getaucht, der andere am Proc. mast. angesetzt) in wenigen Sitzungen Heilung erzielt.

Cervico-Occipitalneuralgie wird nach der Localisation als Neuralg. occip. maj. und min., auricul. magna, subcutan. colli, supraclav. etc. unterschieden und im wesentlichen wie die Trigeminusneuralgie behandelt: stab. An an die Schmerzdruckpunkte (zw. Proc. mast. und dem obersten Halswirbel, entsprechend der Austrittsstelle des N. occip. maj. — Occipitalpunkt —, am Scheitelbeinhöcker — Parietalpunkt —, an den Dornfortsätzen der Halswirbel, hinter dem Proc. mast., entsprechend der Austrittsstelle des N. occip. min., zw. Kopfnicker und Cucullaris, in der Mitte des Halses — Cervicalpunkt —, an der Ohrmuschel — Auricularpunkt — etc.) Ka indiff.; Farad.

mittels feuchter Elektroden; farad. Moxe hoch oben im Nacken (M. Meyer); Frankl. (elektr. Wind durch 5 Min. tägl.) gegen den erkrankten Nackeu gerichtet.

Neuralgia phrenica wird nach den oben entwickelten Grundsätzen behandelt: stab. An an die Schmerzdruckpunkte (an den Dornfortsätzen des 2. bis 6. Halswirbels, an den vordern und hintern Ansätzen des Zwerchfells, an den Rippen, zumal an der 9. vorne und an der 12. rückwärts, in der Supraclaviculargrube — gewöhnlich links — am Halse, entsprechend dem Scalen ant., am Sternum, in der Höhe des 2. und 3. Intercostalraumes etc.) Ka indiff. etc.

Cervicobrachialneuralgie wird nach allgemeinen Grundsätzen behandelt: stab. Appl. der An an die Puncta dolor. (am Plex. cerv. und brach. in der Fossa supraclav. und axill., am Schultergelenk, am N. rad., n. zw. sowohl an der Umschlagstelle am Oberarm, wie auch dicht ober dem Handgelenk, am N. uln. zwischen Cond. und Olecranon, sowie dicht unter dem Ulnarköpfchen, am N. med. im Sulc. bicip. und dicht über dem Radiusköpfchen, an den Dornfortsätzen der 4 letzten Halswirbel und obersten Brustwirbel etc.), Ka indiff. oder im Nacken; stab. Galv. der Plex. (M. Rosenthal); success. station. Verschiebung der An. längs der schmerzhaften Nervenstämme; stab. An an die Plex. oder die Nackenwirbelsäule und Ka auf die Druckschmerzpunkte (Erb, Seeligmüller); Farad. der afficirten Nervenstämme; faradocutane Pinselung, entsprechend dem Ausbreitungsbezirke der afficirten Nerven; abst. stab. Galv. der Nervenstämme; Galv. a. H., sowie loug. und transv. H. G.; bei zurückbleibeudem Pelzigsein der Finger loc. Farad.; bei zurückbleibenden paretischen Erscheinungen oder Steifigkeit interm. Galv. längs der Nervenstämme des ganzen Armes.

Die Dorsointercostalneuralgie tritt zumeist linksseitig auf und befällt in der Mehrzahl der Fälle einen oder weuige Intercostalräume (zw. 5.—9.); sie wird nach allgem. Grundsätzen behandelt: Stab. An an die Druckschmerzpunkte (dicht an der Wirbelsäule, deu Austrittsstellen der Nerven ans den Intervertebrallöchern entsprechend — Vertebralpunkt —, in der Mitte des Intercostalraumes, entsprecheud dem Ausbreitungsgebiete des N. perforans lat. — Lateralpunkt —, dicht neben dem Sternnm — Sternalpunkt — oder am Bauche, wo der N. perf. ant. auf den Rect. abd. tritt, sodaun an die Dornfortsätze der Brustwirbel etc.), Ka indiff. oder au die Wirbelsäule; Ka an die Wirbelsäule, Au statiousweise stab. längs des Verlaufs des gauzeu Nerven; oder Ka an die Schmerzpunkte, An an die Wirbelsäule stab. oder stationsw. längs derselben; oder An zuerst am Dorsal-, Ka am Lateralpunkt, und dann umgekehrt (aber stabil); energische faradocutane Pinselung des Intercostalraumes; Galvanofarad. ganz in derselben Weise (de Watteville); Frankl.: elektr. Wind von einer Spitze gegeu die schmerzhafte Stelle abgeblasen. Bei stab. Galv. beträgt die Str. D. bei acuten frisch entzündlichen Fällen $^1/_{35}$, sonst $^1/_{18}$ (C. W. Müller). Acute Intercostalneuralg. (neurit., rheum., traum.) haben gewöhnlich eine günstige Prognose, wogegen die symptom. (bei Lungenphthise und Wirbelerkrankungen) unheilbar sind. Manche Fälle weichen in einigen Sitzungen (so brachte ich einen recenten Fall rheum. Intercostaluenralgie durch faradocutane Pinselung des betreffenden Intercostalraumes in 3 Sitzgn. zur Heilung), anderseits gibt es aber oft recht hartnäckige Fälle.

Die Mastodynie wird ebenfalls nach allgem. Grundsätzen behandelt: An an die Druckschmerzpunkte (an der Brustwarze, an umschriebenen Stellen an der Brustdrüse, den Dornfortsätzeu der untersten Hals- und obersten Brustwirbel etc.), Ka an die Wirbelsäule oder das Sternum; Farad. mit großflächigen (feuchten) Elektroden und starken Ströuien (Erb); Faradocutane Pinselung der entsprechenden Brust- und Rückenfläche; Frankl. (elektr. Wind).

Neuralgia lumbo- abdominalis (lumbalis, cruralis, ilio-hypogastrica, ilioinguinalis, lumbo-inguinalis, spermat. ext., obturatoria, cutan. femor. ext.) wird nach allgem. Grundsätzeu behandelt: An stab. an die Druckschmerzpunkte (Austrittsstelle des N. crural. unter dem Lig. Poup. — Cruralpunkt —, Anstrittsstelle des N. saphen. min. — Schenkelpunkt —, an der Innenfläche des Kniegelenks — Kniepunkt —, dicht vor dem innern Knöchel, entsprechend dem Verlaufe des N. saphen. maj. — Plantarpnnkt —, an der Basis der großen Zehe — Zehenpunkt — etc.), Ka am Schenkel oder in die Kniekehle; An als großflächige, wohldnrchfeuchtete Schwammkappenelektrode an die Lendenwirbelsäule und Ka an die Schmerzpunkte stab.; abst. stab. RStr., abst. stab. RNStr. und am Schluss der Sitzung interm. RNStr., RMStr. und NMStr.; faradocutane Pinselung der betreffenden Partien; Frankl. — elektr. Wind. — (Erb, M. Rosenthal).

Ischias (Malum Cotunnii) hat in recenteu Fällen eine absolut günstige, iu chron. Fällen dagegen, oder wo die Ischias Theilerscheinung anderer Krankheitsprocesse ist, eine ziemlich ungünstige Prognose und wird verschiedentlich behandelt: stab. An an die Schmerzdruckpunkte, Ka indiff. (Druckschmerzpunkte hier zahlreich und oft variirend, so u. a. neben dem Krenzbein, in der Mitte zwischeu Trochanter maj. und

Tub. ischii, in der Mitte der Hinterfläche des Oberschenkels, an der Abzweigung des N. cut. fem. post., ein Fibularpunkt hinter dem Cap. fib., 2 Malleolarpunkte hinter den beiden Fußknöcheln, mehrere Poplitealpunkte in der Kniekehle, mehrere Punkte am Fußrücken und an der hintern Wadenfläche, mitunter ist der ganze Plex. sacralis bei Untersuchung per anum oder per vaginam druckempfindlich, desgleichen die Kreuzbeindornfortsätze); oder Ka als sehr große feuchte Plattenelektrode an das Kreuzbein, An als feuchte großplattige, gut gepolsterte Elektrode stationsweise an die Schmerzpunkte (nach dieser Methode habe ich im Frühj. 1887 hintereinander 3 Fälle von Ischias, von denen der eine schon über 1 Jahr bestand und verschiedentlich ohne jeden Erfolg behandelt worden, mit Stromdichten von $^1/_{40}$—$^1/_{35}$ und Ein- und Ausschleichen bei jedem Polwechsel nach 7—14 Sitzgn. vollkommener Genesung zugeführt); C. W. Müller behandelt die drukempfindlichen Stellen mit stab. transv. Galv., u. zw. mit entsprechend großen Platten (35—70 cm^2): An an die Puncta dolor., Ka gegenüber mit Str. D von $^1/_{46}$ und steigt nach vielen Sitzgn. auf $^1/_{24}$ und zuletzt auf $^1/_{18}$; R. Remak leitet den Strom durch kurze Nervenstrecken (stationsweise) und Erb empfiehlt 3 solche Stationen, u. zw. vom Kreuzbein zum For. ischiad., von hier zur Kniekehle und von hier zum Knöchel oder Fußgelenk; weiters applicirt R. Remak die An an die Druckschmerzpunkte (am For. ischiad., der Lendenwirbelsäule etc.), die Ka auf den Bauch- oder Oberschenkel; Glatz wendet stab. abst. galv. Str. vom Plex. sacral. zu den Druckpunkten an; Benedikt führt den einen Pol (als Anuselektrode) in den Mastdarm ein und applicirt den andern in der Regio sacro-iliaca über einen großen feuchten Leinwandbauschen, um den Plex. ischiad. direct zu reizen. In allen Fällen stab. Galv. ist am Schlusse der Sitzung die interm. Appl. der Ka an die motor. Punkte des Nervenstammes und seiner Ausbreitungen, zur Auslösung einiger Muskelzuckungen indicirt; Ciuiselli wendete schwache, continuirliche Ströme in Form eines einfachen galv. Plattenelements vom Kreuzbein zum Oberschenkel an. In manchen Fällen tritt die Heilung erst dann ein, wenn man auch einen Theil oder das ganze Rückenmark in die Behandlung mit abst. RStr. einbezogen hat, (Benedikt, Lewandowski, Seeger); auch durch Farad. des Nerven und seiner Zweige mittels feuchter Elektroden, sowie durch faradocutane Pinselung und farad. Moxe (M. Meyer) wurden Erfolge erzielt, so in einem schweren Falle von Ischias, mit 19 Monate dauernder Lähmung der Unterextremitäten mittels 80 farad. Sitzgn. (Bobek) und durch Farad. schmerzhafter Wirbel (Armingaud); Frankl. (elektr. Wind gegen die schmerzhaften Stellen geleitet,' oder Ladung des Kranken und Entziehung von negativen Funken an diesen Stellen); schließlich sei noch erwähnt, dass in völlig verzweifelten Fällen als intensive Gegenreize noch die Elektropunctur und Elektrolyse mittels trockener blanker Metallrheophoren (Rezek) oder mittels angefeuchteter blanker Metallrheophoren (Frommhold) erfolgreich ausgeführt wurde. Frommhold applicirte durch 5—6 Min. blanke 7 cm^2 große Metallelektroden auf die mit Salzwasser befeuchtete Haut u. zw. die An an die Austrittsstelle des Ischiad., die Ka oberhalb des N. peron. Unter diesen Elektroden wird die Haut angeätzt und fallen die Krusten nach einigen Wochen ab. Schwere, jahrelang dauernde Ischialgien sollen unter Anwendung dieser Methode in 20—25 Sitzgn. in Heilung übergehn. Seeger wendet, ebenfalls als kräftigen Gegenreiz, den galv. Kathodenpinsel an die Haut an, wodurch gleichfalls Ätzschorfe erzeugt werden.

Die Beckenneuralgien (Neuralg. hypogastrica, pudendo-haemorrhoidea, spermatica, urethrae, scrotalis, penis, glandis, ano-vesicalis, ano-perinealis, labiorum majorum, uterina, die Hysteralgie, Ovarie, Dysmenorrhoë, der Vaginismus und die Coccigodynie) werden ebenfalls nach allgem. Grundsätzen behandelt: stab. Anodenbehandlung der Schmerzpunkte; stab. abst. Galv. längs der Wirbelsäule oder vom Kreuzbein zum Plex. sperm. oder von diesem zum Samenstrang (Benedikt); Neftel applicirt die An an der Lendenwirbelsäule, die Ka oberhalb der Symphyse und führt einige V. A. aus, sodann verschiebt er (bei schwachem Strome) die An längs der Wirbelsäule nach auf- und abwärts, dann wird die Ka zuerst auf die eine und dann auf die andere Inguinalgegend gesetzt und werden abermals einige V. A. ausgeführt (Erb), welche Methode besonders bei Dysmenorrhoë erfolgreich sein soll; in ähnlicher Weise behandelt Neftel alle hier zusammengefassten Neuralg. Schwellende farad. Str. (R. Remak), die farad. Hand (Heinlein) und locale faradocutane Pinselung, zumal bei Coccigodynie (Benedikt), sind ebenfalls mit Vortheil in Anwendung gezogen worden; bei Ovarie erzielte Holst mittels der stab. Galv. von der Lendenwirbelsäule zum Ovarium Erfolge; auch die verschiedenen Methoden der Frankl. wurden hier mit Erfolg in Anwendung gezogen.

Bei Gelenksneuralgien und Gelenksneurosen wird die An stab. an die Schmerzdruckpunkte (u. zw. u. a. bei den Wirbelgelenken an den Dornfortsätzen, beim Ellbogengelenk am Cond. ext. und Capit. rad., beim Handgelenk am Proc. styloid. uln., beim Hüftgelenk in der Mitte zwischen Tub. ischii und Troch. maj. und etwas

mehr nach außen von diesem, beim Kniegelenk am Cond. int. fem., dann dicht an der Spitze der Kniescheibe und hinter dem Cap. fib., beim Fußgelenke unter jedem Knöchel etc.), die Ka indifferent applicirt; oder wird das ganze betreffende Gelenk der stab. Anodenbehandlung unterzogen, indem eine biegsame, das ganze Gelenk einhüllende An benützt und die Ka, wie vorher, indifferent applicirt wird oder es werden schwache galv. Str. quer durch das Gelenk geleitet (Erb) oder man wendet Galv. der das Gelenk versorgenden Nervenstämme, des Gehirns, Rückenmarks, sowie Galv. a. H. an (Benedikt); auch Querleitung farad. Str. durch die Haut mittels feuchter Elektroden (M. Meyer), farad. Pinselung der Druckschmerzpunkte am Gelenke (O. Berger) und die Frankl. (elektr. Wind oder Funken) wurden hier erfolgreich verwendet.

Eigentliche Neuralgien des Rachens und Kehlkopfs kommen selten vor; viel häufiger Hyper- und Parästhesien, zumal bei Hysterischen und Hypochondrischen. Die Behandlung derselben besteht in: stab. Appl. der An an den Kehlkopf und Rachen, Ka indiff.; stab. transv. Galv. des Kehlkopfs und Rachens; stab. Galv. vom Nacken zum Unterkieferwinkel und Kehlkopf; Farad. in derselben Weise mittels feuchter Elektroden; faradocutaner Pinselung der Kehlkopf- und Rachengegend (Erb).

Bei Angina pectoris (Cardialgie, Asthma nervosum, cardiacum, Herzpalpitationen etc.) kommt es auf Behandlung des Vag. und Symp., des Halsmarks und der Med. oblong. mit schwachen Strömen an: stab. Galv., An als sehr große, wohldurchfeuchtete Schwammkappenelektrode an die Herzgegend und den Plex. card., Ka an die Brustwirbelsäule (Eulenburg); Galv. des Cervicalmarks und der Med. oblong. (Erb, Hübner); An local stab., Ka in die linke Axillarlinie oder mehr gegen die Wirbelsäule (Leube); centrale Galv. (Beard); Galv. a. H. mit Str. D. $^1/_{45}$—$^1/_{20}$ (Brenner, Löwenfeld, E. Remak); abst. Galv. des Vag. (Erb, Flies); cont. schwache galv. Str. (Finkelnburg); faradocutane Pinselung der Herzgegend und der Brustwarze (Duchenne); Frankl. (elektr. Wind und Ladungen).

Die übrigen visceralen Neuralgien (Gastralgie, Enteralgie, Kolik, Ovarialgie) werden wie die Herzneuralgien behandelt: locale stab. Anodenbehandlung, Ka in die Hand (Vizioli); stab. Durchleitung des galv. Str. durch die betreffenden Organe mittels großplattiger Elektroden (E. Remak); centr. Galv. (Beard); Farad. mittels feuchter Elektroden in derselben Weise (M. Meyer); locale faradocutane Pinselung (Duchenne).

Hemicranie, Migräne, Cephalea, Kopfneuralgie, Kopfdruck, nervöse Kopfschmerzen und ähnliche Zustände werden nach denselben Principien behandelt: Vorerst muss (so z. B. bei anämischen, chlorotischen, neurasthenischen, hysterischen etc.) der Causalindication durch Behandlung der Nervencentra (centrale Galv., allgem. Elektrisation) genügt werden und wurden beispielsweise, selbst bei den Kopfschmerzen, infolge von Hirntumoren, durch Galv. des Kopfes palliative Erfolge erzielt (E. Remak); stab. Anodenbehandlung etwa vorhandener schmerzhafter Punkte; long. und transv. H. G. (Erb) mit Str. D. $^1/_{3}$, und zwar bei deutlichen vasomotor. Störungen An oder Ka (nach Löwenfeld) an die Stirne (An, um Hyperämie, Ka, um Anämie zu erzeugen); große Kopfelektrode als An am Scheitel, Ka indiff. Für die angiospastische (durch venöse Stauung und Druckempfindlichkeit der Nacken- und oberen Brustwirbel gekennzeichnete) und angioparalytische Form der Migräne (deren Vorhandensein Erb nur als seltene Ausnahmsvorkommnisse zugesteht, da sonst für gewöhnlich die Symptome beider ineinanderfließen) hat Holst eine polare Behandlungsmethode der Galv. a. H. angegeben; er setzt nämlich bei der angiospastischen Form die An, bei der angioparalyt. dagegen die Ka an das Gangl. supr. symp., die indifferente Elektrode gibt er dem Kranken in die Hand. C. W. Müller behandelt die häufiger vorkommende spastische Migräne mittels Galv. a. H., sowie Galv. des Cervicalmarks und der Med. oblong. u. zw. applicirt er eine schmale Elektrode von 14—22 cm^2 an den Grenzstrang, die Ka von 55 cm^2 an den Nacken (Centr. ciliospinale, Cervicalmark, Med. oblong.) und behandelt den Symp. (An) mit $^1/_7$, das Halsmark etc. (Ka) mit $^1/_{25}$—$^1/_{27}$ Str. D., u. zw. den einen Tag vom Nacken zum rechten Grenzstrang, den andern Tag vom Nacken zum linken Grenzstrang jederseits 2—3 Min. Nach dieser Methode hat C. W. Müller ein 40jähriges Leiden in 5 Monaten mittels 80 Sitzgn. vollkommen geheilt. Bei der angioparalytischen Form wird, wie bereits erwähnt worden, die Sitzungsdauer kürzer genommen. Des ferneren wurde mit Erfolg benutzt: die Galv. a. H. (Erb, E. Remak, Eulenburg, de Watteville etc.); Farad. mit feuchten Elektroden (schwellender Str. der Primärspirale) vom Nacken zur Stirne (Frommhold); farad. Hand, ebenfalls vom Nacken zur Stirne (Duchenne, Benedikt, M. Meyer, de Watteville); faradocutane Pinselung des Nackens oder elektr. Moxe daselbst, als Gegenreiz (Tripier) oder periphere Pinselung (Rumpf); Frankl. (Ladungen, sowie Anwendung der Kopfelektrode); continuirliche schwache Str. Dagegen kann ich Neftel's

Methode der Anwendung starker Str., ja sogar V. A. bei Kopfdruck etc. nicht empfehlen. Selten wird es gelingen, einen ausgebrochenen Anfall zu coupiren und wird die Behandlung hauptsächlich in der anfallsfreien Zeit (Sitzungen täglich, peinliche Sorgfalt, bezüglich der Anwenduug schwacher Str. und des Ausschleichens) vorzunehmen sein.

Myalgien (Muskelueuralgien) werden nach allgem. Grundsätzen behandelt. Besonders zu empfehlen ist die faradocutane Pinselung im Bereiche der ergriffenen Muskeln, sowie die stab. Anodenbehandlung etwa vorhandener Druckschmerzpunkte.

Wo die Elektrotherapie gegen Neuralgien wenig oder gar nichts leistet, versuche man die elektr. Medicamentendiaphorese, die zuerst J. v. Wagner in der Weise dnrchführte, dass er den Schwammüberzug einer kreisrunden Plattenelektrode von 2·5 *cm* Dchm. mit einer 5% wässerigen oder noch besser alkoholischen Cocaïnlösung tränkte und diese Elektrode als An durch 5 Min. bei einer Stromstärke von 6 M. A. (D = $^6/_5$) über der schmerzenden Stelle, die möglichst große und wohlbefeuchtete Ka dagegen entweder gegeuüber oder indifferent oder als Fußelektrode applicirte. Der Erfolg besteht in sofort eintretender Anästhesie; am Kopfe wäre eine kleinere Elektrode zu wählen, um hier geringere Stromstärken noch nutzbringeud zu verwenden. Prof. Adamkiewicz ersetzte das noch theuere Cocaïn durch das billigere Chloroform und construirte zur Anwendung desselben eine eigene Diffusionselektrode (eine, durch eine dünne Kohlenplatte — die vortheilhaft noch mit Schwamm und Leinwand zu überziehen ist — geschlossene Hohlelektrode, cfr. Neurolog. Centralbl. 1886, pag. 219), deren Schwammkappen- uud Leinwandüberzug (nachdem sie mit Chloroform gefüllt worden) in Wasser getaucht wird, worauf diese Elektrode an die schmerzende Stelle, die Ka indifferent applicirt wird. Ohne den Überzug in's Wasser einzutauchen, dürfte die Chloroformdiaphorese nach meinen eigenen und den Versuchen von J. v. Wagner und H. Paschkis nicht vor sich gehen, da das reine Chloroform (nach letztern) einen specif. Widerstand von 4 Billionen Ohms hat. G. Lumbroso und G. C. Matteini verwenden zur Medicamentendiaphorese gewöhnliche Schwammkappenelektroden, die sie vorher ins Wasser und dann erst ins Chloroform eintauchen, ebenfalls mit günstigem Erfolge.

Elektrotherapie der Hypo- und Anästhesien, sowie der Analgesien.

Die Anästhesie kann sich über die Tast-, Schmerz- und elektr. Empfindung, ferner über den Druck-, Orts- und Temperaturssinn erstrecken; sie kann die Haut, Schleimhaut, die Muskeln, Sehnen, Gelenkflächen etc. befallen, somit eine cutane, musculäre, sensuelle, viscerale etc. Anästhesie sein; sie kann weiters total oder partiell, circumscript oder diffus, schmerzlos oder von Schmerzen begleitet (Anästhesia dolorosa), peripheren oder centralen Ursprungs sein. Bei central bedingten Anästhesien kommen Reflexbewegungen zustande, bei peripher bedingten dagegen nicht. Durch faradocutane Sensibilitätsprüfung kann man aus der Verbreitung der Anästhesie erkennen, in welchen Nerven der Sitz der Läsion gelegen ist.

Zu diesem Zwecke folgen hier die Abbilduugen der Verbreitungsgebiete der Hautnerven, des Gesichts und der Extremitäten. Fig. 162 stellt neben der Recapitulation der motor. Punkte am Halse die Verbreitungsbezirke der sensiblen Nerven am Kopfe dar: *SO* = N. supraorb.; *ST* = N. supratrochlearis; *JT* = N. infratrochlearis; *L* = N. lacrimalis; *N* = N. ethmoidalis; *JA* = N. infraorb.; *B* = N. buccinator.; *SM* = N. subcutan. malae; *AT* = N. auriculotemp.; *AM* = N. auricularis magnus; *OMj* = N. occip. maj.; *OMi* = N. occip. min.; C_3 = 3. Cervicalnerv; *CS* = Hautzweige der Halsnerven; *CW* stellt die Region der Centralwindungen des Großhirns nnd *SC* die Region des Sprachcentrums (3. Frontalwindung) dar.

Fig. 163 stellt die Vertheilung der Hautnerven an der Dorsalfläche der Oberextremität (nach Eichhorst[1]) dar. *1 sc* = Nn. supraclav.; *2 ax* = N. axill.; *3 cps* = N. cutan. post. sup. (N. rad.); *4 cmd* = N. cutan. med. s. intern. ; *5 cpi* = N. cutan. post. inf. (N. rad.); *6 cm* = N. cutan. med. s. int. maj.; *7 cl* = N. cutan. lat. s. ext.; *8 u* = N. uln.; *9 ra* = N. rad.; *10 me* = N. med.

Fig. 164 stellt die Vertheilung der Hautnerven an der Volarfläche der Oberextremität dar: *1 sc* = Nn. supraclav.; *2 ax* = N. axill.; *3 cdm* = N. cutan. med.

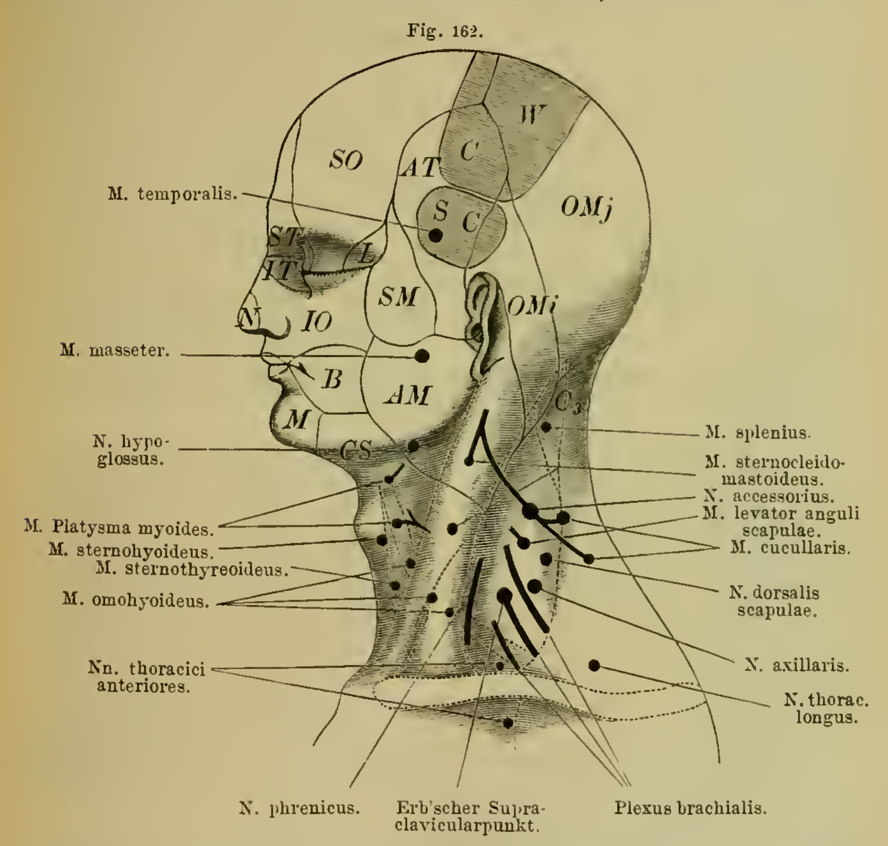
[1]) Hdb. der spec. Patholog. und Therap. 2. Bd., pag. 348.

s. intern; *4 cl* = N. cutan. lat. s. ext.; *5 cm* = N. cutan. med. s. int. maj.; *6 me* = N. med. *7 u* = N. uln.

Fig. 165 stellt das Verbreitungsgebiet der Hautnerven an der Vorderfläche der Unterextremität (nach Henle)[1]) dar: *1 cr* = N. crural.; *2 cfe* = N. cutan. fem. ext. s. lat. Henle; *3 ii* = N. ilio-ing.; *4 li* = N. lumbo-ing.; *5 se* = N. sperm. ext.; *6 cp* = N. cutan. post.; *7 obt* = N. obtnrat.; *8 smj* = N. saphen. maj (N. crural.); *9 cpe* = N. commun. peron. s. fibul.; *10 pes* = N. peron. snperf.; *11 pep* = N. peron. prof.; *12 cti* = N. commun. tib. s. suralis.

Fig. 166 stellt das Verbreitungsgebiet der Hautnerven au der Hinterfläche der Unterextremität dar: *1 cp* = N. cutan. post.; *2 cfe* = N. cntan. fem. ext. s. lat.; *3 obt* = N. obturat; *4 cpm* = N. cutan. fem. post. med. (N. peron.); *5 cpe* = N. commun. peron. s. fibul.; *6 smj* = N. saphen. maj. (N. crural.); *7 cti* = N. commun. tibial. s. sural.; *8 cpp* = N. cutan. plant. propr. (N. tibial.); *9 plm* = N. plant. med. (N. tibial.); *10 pll* = N. plant. lat. (N. tibial.).

Fig. 162.



Unter allen Heilmitteln ist die Elektr. gegen dic Anästhesie das wertvollste: nach allgem. Grundsätzen wird zunächst der erkannten Indicatio causalis zu genügen und demgemäß das Gehirn, Rückenmark und dic Nervenstämme entsprechender elektr. Behandlung zu unterziehen sein; indessen genügt dies allein nicht und sah man z. B. central bedingte Anästhesie durchaus nicht auf die alleinige centrale Behandlung schwinden (Benedikt), sondern muss hier mehr denn sonstwo zu der Behandlung in loco morbi unbedingt auch noch die Behandlung in loco

[1]) Eichhorst, l. c. pag. 362.

symptomatis hinzugefügt werden. Durch diese letztere werden mehrfache Ziele angestrebt, u. zw. die Überwindung von Leitungshindernissen für die centripetale, sensible Leitung durch peripher angebrachte Reize, die Anregung localer Circulation und hiedurch Besserung der Ernährungsverhältnisse, die Steigerung der Erregbarkeit der Aufnahmsorgane, die Auslösung centripetaler Wirkungen auf reflector. Wege (so sah Vulpian in einem mit Aphasie verbundenen Falle von Anästhesie durch erfolgreiche Behandlung der letztern auch erstere schwinden) und hiedurch Beeinflussung der sensiblen Endapparate, u. zw. sowohl in nutritiver wie in functioneller Beziehung.

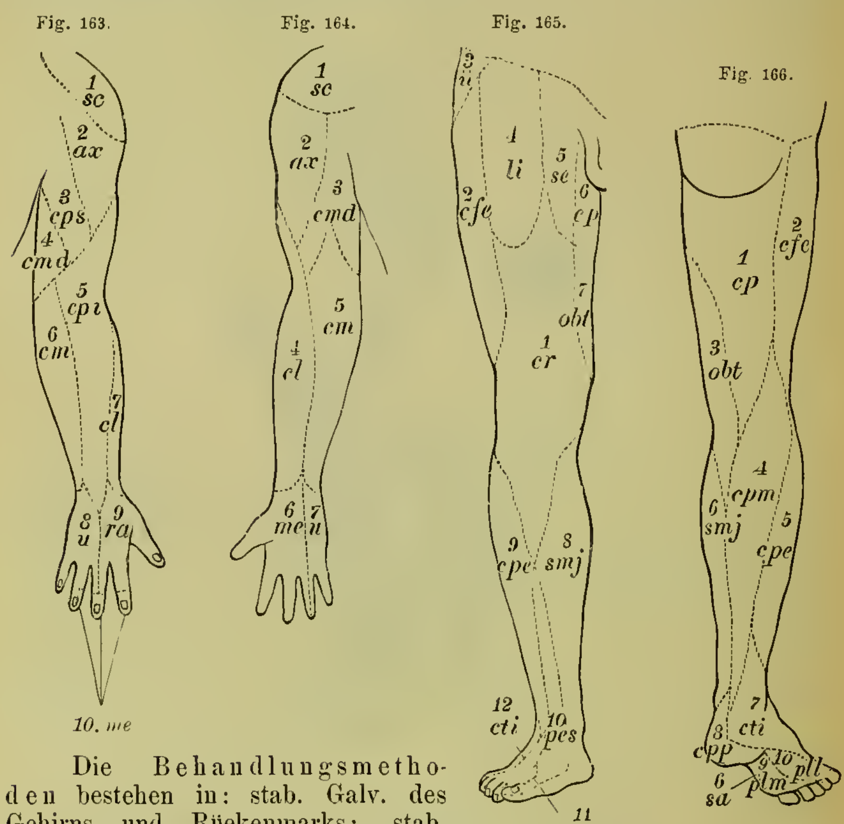


Fig. 163. Fig. 164. Fig. 165. Fig. 166.

Die Behandlungsmethoden bestehen in: stab. Galv. des Gehirns und Rückenmarks; stab. Appl. der An an die Spinalwurzeln des Rückenmarks und directer Reizung der anästhetischen Partien und der zugehörigen Nervenstämme mit der interm. Ka (bei Anwendung starker Str.); Auslösung von V. A.; Benützung starker Reize zur Erregung der sensiblen Aufnahmsapparate, somit Farad. der Nervenstämme, Muskeln, Gelenksflächen, Schleimhäute etc. mit feuchten Elektroden und faradocutaner Pinselung in loco sympt. (Grasset, Rumpf) durch 10 Min. tägl. oder Appl. der Farad. Moxe daselbst (M. Meyer), während es nach Vulpian nicht einmal nöthig sei, die ganze anästhetische Hautpartie direct zu faradisiren, sondern vielmehr, die faradocutane Pinselung einer begrenzten kleinen Partie z. B. am Vorderarme

viel wirksamer wäre (zumal bei Hemianästhesie infolge von Hysterie), und wo diese Reize auf der Haut nicht genügen, Benützung des galv. Kathodenpinsels (Seeligmüller) oder des faradogalv. Pinsels (Erb). Auch die locale Frankl. (Ladungen, elektr. Wind und Funkenappl.) wurden gegen Anästhesie erfolgreich angewendet (Ballet, Charcot, Erlenmeyer).

Bei Trigeminusanästhesie kommt in Anwendung: Transv. stab., temp. und occip. H. G.; stab. Galv. des Stammes und der Äste des Trig.; Benützung des farad. Pinsels oder der interm. Ka auf der Gesichtshaut, sodann auf der Schleimhaut der Mundhöhle und Zunge (Erb).

Bei Kehlkopf- und Rachenanästhesie (z. B. nach Diphtheritis) kommt intrapharyngeale und percutane Farad. abwechselnd mit interm. Galv. (Jurasz) in Anwendung.

Vasomotorische Anästhesien werden mit interm. Ka, sowie mit faradocutaner Pinselung bis zur intensiven Röthung der Haut behandelt.

Bei hysterischen An- und Hemianästhesien kommt in Anwendung: stab. Galv. des Centralnervensystems; Anodenbehandlung der Druckpunkte an der Wirbelsäule, der Ovarie; faradocutane Pinselung (Vulpian, Grasset, Leloir).

Hemianästhesien u. zw. sowohl cerebrale als auch saturnine oder hysterische, wie auch apoplectische werden durch locale, faradocutane Pinselung erfolgreich behandelt. (Vulpian, Grasset, Merklen).

Bei Anästhesie und Analgesie im Gefolge der Tabes dors. führt stab. Galv. des Rückenmarks und peripbere faradocutane Pinselung zum Ziele (M. Meyer, Rumpf).

Bei traum. Anästhesie im Bereiche der Extremitätennerven kommt interm. Galv. der ergriffenen Nervenstämme und ihrer Ausbreitungsbezirke, V. A. (durch dieselben geleitet), Farad. der Muskeln mittels feuchter Elektroden und faradocutane Pinselung in Anwendung (Erb, M. Meyer).

Elektrotherapie der Krankheiten des Gehirns und der Medulla oblongata, einschließlich der Psychosen.

Der Beeinflussung des **Gehirns** mittels Elektr. sowohl auf directem Wege, sowie durch Erregung des Halsmarks und Symp., endlich auf reflector. Wege von der Haut aus, wurde bereits mehrfach gedacht und die auf diese Weise erzielbaren Wirkungen und Erscheinungen gehörigenorts bereits erörtert. Mittels der Elektr. vermag man die Circulationsverhältnisse des Gehirns mächtig zu beeinflussen und hiedurch auf die Nutrition wesentlich fördernd einzuwirken; die katalyt. Wirkungen ermöglichen es, die Resorption von Exsudaten und krankhaften Producten anzuregen und mittels der modificirenden Wirkungen der Elektr. kann man einer großen Reihe rein functioneller patholog. Symptome wirksam begegnen; man vermag somit entweder auf den Krankheitsprocess einzuwirken und denselben, im Falle als eine Restitution überhaupt möglich ist, der Heilung zuzuführen oder aber, wenigstens die durch die primäre Läsion verursachten secundären Störungen im Umkreise des Erkrankungsherdes zu beheben und eine Reihe hievon abhängiger gestörter Functionen wiederherzustellen.

Obgleich sowohl die Galv. wie auch die Farad. und Frankl. hiezu vielfach mit Vortheil in Anwendung gezogen worden sind, wird doch vorzugsweise der galv. Str. zur Behandlung von Hirnkrankheiten benützt. Die directe elektr. Behandlung des Gehirns wird immer so vorzunehmen sein, dass der Krankheitsherd möglichst in die gerade Verbindungslinie beider Elektroden falle und kommt es (nach Erb) nur darauf an, den Strom in hinreichender Dichte auf den Krankheitsherd einwirken zu lassen, um hier therapeut. Erfolge zu erzielen. [1])

[1]) Erb, Handb. der Elektrotherapie. 2. Aufl., pag. 347.

Die Elektroden müssen demnach entsprecheude Größe haben, mit dicken Schwammpolstern versehen und überdies noch elastisch sein, sich der betreffenden Partie überall genauestens anschmiegen und vollkommen stabil gehalten werden; Elektroden, gleichwie das Kopfhaar (falls eine Elektrode auf dasselbe applicirt wird) müssen wohl durchfeuchtet sein; der Strom darf nur ganz allmählig ein- und ausgeschlichen werden und sind Stromschwankungen oder plötzl. Stromunterbrechungen bei der stab. H. G. auf das sorgsamste zu vermeiden. Die Stromdichte soll nur möglichst gering sein und nie $^1/_{20}$—$^1/_{18}$ übersteigen; jedenfalls sollten die ersten Sitzungen nur mit Stromdichten von $^1/_{40}$—$^1/_{35}$ begonnen werden; ein verlässliches und empfindliches Galvanometer, sowie eine Vorrichtung zum allmähligen Ein- und Ausschleichen des Stromes (Elementenzähler und Gärtner'scher Rheostat) sind hier absolut unerlässlich. Die Stromdauer betrage für eine einzige Appl. höchstens 1 Min. und für mehrere Appl. am Gehirn zusammengenommen nicht mehr als 2 Min. Je nach der Indication wird die stab. long. oder transv. (front., temp., bezw. occip., je nachdem der Krankheitsherd in der vordern, mittlern oder hintern Schädelgrube gelegen ist) oder die diag. H. G. vorgenommen. Die An, wird als die weniger reizende Elektrode gewöhnlich an der Läsionsstelle (bezw. Läsionseite) applicirt. Nach Löwenfeld müsste man, um an der erkrankten Stelle die Circulation zu beschleunigen, die An und, um anämisirend zu wirken, die Ka an die erkrankte Seite appliciren (leider lässt sich die Indication hiefür selten präcis stellen). Um auf das ganze Gehirn modificirend einzuwirken, müsste man eine große Kopfelektrode über das ganze Schädeldach genau passend und die indiff. Elektrode an die Füße appliciren (aber auch für die Erhöhung und Herabsetzung der Erregbarkeit dürfte die Indication nur selten zu stellen sein). Neftel's Methode der Hirngalvanisation besteht in der stab. Appl. der einen Elektrode (gewöhnlich der Ka) im Nacken und im langsamen Verschieben der 2. Elektrode (der An), von der Stirn über das Auge, die Schläfe, die Fossa auriculo-maxillaris, bis in die Regio mastoidea und zurück, sodann (wenn nöthig) in derselben Tour auf der anderen Seite. Neben der directen H. G. wird noch erfolgreich die Galv. a. H. zumal nach der Methode von M. Meyer geübt. Um auf das verlängerte Mark einzuwirken, applicire ich die eine Elektrode über den ganzen Nacken, die andere entweder indiff. (Sternum) oder ins Jugulum oder an den Grenzstrang des Symp. Bei Anwendung des farad. Str. verwende man auch nur große feuchte Elektroden und sehr schwache Ströme, vorzugsweise aber benütze man die eigene Hand als differente Elektrode (farad. Hand), während man die indiff. an die Hand des Kranken applicirt. Zur Anwendung der Frankl. eignet sich die pag. 324 erwähnte Kopfelektrode.

Außer der directen Elektrisation des Gehirns wird, wie bereits mehrfach angegeben, in vielen Fällen die indirecte Beeinflussung des Gehirns mittels Elektr. in Anwendung gezogen, so z. B. durch periph. Farad., u. zw., wie schon erwähnt, entweder nach Rumpf durch das Befahren größerer Hautflächen am Rücken, der Brust, den obern und untern Extremitäten mit feuchten Elektroden oder nach Vulpian durch faradocutane Pinselung einer kleinen circumscripten Stelle an den obern Extremitäten. Periph. Symptome (Lähmungen, Krämpfe, Contracturen, Schmerzen, Anästhesien etc.) sind nach allgem. Grund-

sätzen, überdies noch peripher in loco symptomatis zu behandeln. Bei der Elektrotherapie der Hirnkrankheiten muss man mit der größten Präcision vorgehen und die Behandlung nach keiner Richtung hin forciren wollen. In der Regel werden schon einige Sitzungen über den zu erhoffenden Erfolg Aufschluss geben, obgleich ich mich zahlreicher Fälle erinnere, in denen ich wochenlang mit der größten Ausdauer die Elektr. erfolglos angewendet habe und erst nach 15 bis 17 Sitzungen sichtliche Erfolge eintraten, die dann rasch fortschritten; nie darf jedoch nach der Elektrisation eine Verschlimmerung eintreten; wo dies vorkommt, ist entweder die Methode oder der Vorgang unrichtig und wenn selbst bei der größten Vorsicht und Anwendung der geringsten Stromdichten noch Verschlimmerungen auftreten, so ist die Elektr. im gegebenen Falle nicht indicirt. Als solche Fälle bezeichnet Erb Neoplasmen des Gehirns, die vorgeschrittenen Processe der grauen Degeneration und Sclerose, die schwielige Verdickung der Meningen, sowie die senile Atrophie und Erweichung.

Bei Pachymeningitis hämorrhagica interna kann man die (aufsaugenden) katalyt. Wirkungen des galv. Str. versuchen: long. und transv. H. G. mit successivem Wechsel der Pole; Appl. einer großen Kopfelektrode, die indiff. Elektrode an die Füße und ebenfalls alternirenden Polwechsel (Ein- und Ausschleichen, Str. D. $^1/_{40}$—$^1/_{20}$).

Bei Hirnanämie und Hirnhyperämie wäre dem früher Besprochenen zufolge long. H. G., u. zw. bei der Anämie die Ka an der Stirne und bei der Hyperämie die An an der Stirne (Löwenfeld), somit bei Anämie die An in die Nähe des vasomotor. Centrums (Halsmark) im Nacken und bei Hyperämie die Ka daselbst (Erb) indicirt; außerdem üben die Galv. a. H, sowie die reflector. Erregung durch faradocutane Pinselung (Rumpf, v. Basch), wie bereits erwähnt, einen erheblichen Einfluss auf die Circulation im Gehirne aus. So sah Erb von kräftiger faradocutaner Pinselung des Rückens, der Brust und der obern Extremität Erfolge bei Hyperämie; v. Basch erzielte, wie bereits erwähnt, durch faradocutane Pinselung am Bauche Hirnanämie. C. W. Müller wendet bei activer Hirnhyperämie die farad. Hand am Kopfe an: die eine Elektrode $70 cm^2$ wird an die Dorsalwirbel applicirt, die andere Elektrode schnallt sich der Arzt unmittelbar an den Handrücken an, damit der Strom nur durch das Handgelenk und nicht durch beide Arme gehe; in der Regel spürt der Arzt den Strom früher als der Patient und vermag so, die Stromstärke leicht zu controliren. Bei Hirnanämie wird Farad. der Fußsohlen und der Nn. phren. vorgenommen (Eulenburg).

Hirnhämorrhagien (Apoplexien) und Embolien sind vorzugsweise wegen der Folgezustände (Hemiplegie, Aphasie etc.) Gegenstand elektr. Behandlung. Wichtiger als das wie, erscheint die Frage, wann soll mit der elektr. Behandlung begonnen werden? Während früher gerathen wurde, mit der elektr. Behandlung lange, selbst über 1 Jahr nach dem apoplectischen Insult zu warten, einigen sich dermalen fast alle Autoren darein, recht bald mit der elektr. Behandlung zu beginnen; de Watteville elektrisirt nach 1 Monat, Erb und Rumpf warten 3—4 Wochen nach Ausbildung der Lähmung, R. Remak und Benedikt elektrisiren schon Ende der 1. oder Anfang der 2. Woche nach der Apoplexie, E. Remak räth schon am 8. Tage, Beard möglichst bald anzufangen, Renzi elektrisirt schon am 4. Tage und Clemens sogleich nach der Schädigung. Man kann jedenfalls möglichst bald mit der elektr. Behandlung beginnen, aber nur unter der Bedingung der Anwendung möglichst schwacher Str., im Anfange nur Str. D. $^1/_{80}$—$^1/_{40}$, kurzer Applicationen (1 bis höchstens 2 Min.) vorsichtigen Ein- und Ausschleichens, Vermeidung jeder plötzlichen Stromschwankung und Regelung der Darmfunction; in dieser Weise angewendet, wird sich die Elektr. als ein Sedativum und Stimulans erweisen und sicherlich nicht reizend wirken. Die Applicationsmethoden bestehen in: stab. long. H. G. durch die erkrankte (zumeist linke) Hirnhälfte; stab. transv. front., pariet., temp. und occip., sowie diag. H. G., letztere von der Läsionsseite (links) zum Nacken und von der linken Schläfe zum rechten Plex. brach., An (als die weniger reizende Elektrode) an der Läsionsseite (Erb); Galv. a. H. beiderseits (Althaus, Benedikt, Erb, Flies, Onimus, R. und E. Remak etc.); stab. abst. RStr.; Neftel's Methode. Ich wende neben Galv. a. H. die entsprechende H. G. mit alternirendem Polwechsel (zur Bethätigung der katalyt. Effecte) mit Vortheil an. Die bestehenden Lähmungen werden nach allgem. Grundsätzen behandelt:

Stab. abst. RStr., interm. abst. RNStr., RPlStr., PlMStr., NMStr.; Farad. der gelähmten Muskeln (Brenner, Erb); faradocutane Pinselung nach Vulpian; loc. Frankl. (Placé). Blase und Rectum sind ebenfalls besonders zu behandeln; gegen Obstipation verwende man energische Farad. der Bauchdecken (Benedikt). Gelenkshyperästhesien, sowie Anästhesien werden ebenfalls nach allgem. Grundsätzen besonders behandelt. Auftretende Muskelstarre und Contracturen sind Zeichen beginnender Sclerose der Seitenstränge des Rückenmarks (abst. secund. Degeneration der Pyramidenbahnen) und machen die Prognose ungünstig; hier ist (nach Erb) die diag. H. G. in der angegebenen Weise indicirt (führt aber auch nur selten zu Erfolgen). Desgleichen müssen andere periphere Erscheinungen, wie Schmerzen, Ödeme, Glanzhaut etc. peripher behandelt werden. Gegen Aphasie (die übrigens mitunter auch ohne specielle Behandlung schwindet) ist die loc. stab. H. G. mit Stellung der Elektroden entsprechend der 3. linken Frontalwindung und der Insula Reilii indicirt (Erb, de Watteville). Die mit peinlicher Sorgfalt und großer Ausdauer durchgeführte Elektrotherapie der Folgezustände von Apoplexien und Embolien ist in der Regel in allen chronisch verlaufenden Fällen, mehr weniger von Erfolg gekrönt; besonders anfangs der Behandlung schreitet die Besserung rasch vorwärts; später bleiben die Zustände mehr stationär. Wiederherstellung gelähmter Extremitäten und Hebung der Aphasie gelang mir übrigens selbst viele Monate nach der Läsion. Fr. Fischer beschreibt einen Fall von Hemiplegie nach Apoplexie, der einen 71 J. alten Mann betraf, welcher nach dem Insult 19 Mon. völlig gelähmt im Bette lag; 42 elektr. Sitzgn. führten zur Heilung.

Chronische Meningitis, Periencephalitis diffusa, multiple Sclerose, Hydrocephalus, Hirnsyphilis (nach vorheriger antisyphilitischer Medication) etc. werden in derselben Weise behandelt: long., diag. und transv. H. G. mit alternirendem Polwechsel; Galv. a. H.; stab. RStr.; centr. Galv.; allgem. Farad.; reflector. Einwirkung von der Haut; symptomatische periphere Galv. und Farad. Ich habe einen Fall von Hirnsyphilis, die mehrere Jahre bestand und deutliche Symptome der Dyslalie und Dysgraphie verursacht hatte (um einen Satz auszusprechen, brauchte Patient mehrere Min., obgleich hiezu unter normalen Verhältnissen weniger als ebensoviel Sec. nothwendig gewesen wären; um seinen aus 7 Buchstaben bestehenden Namen zu unterschreiben, brauchte er weit über $^1/_4$ Stunde etc.), nach vorangegangener antiluetischer Behandlung innerhalb 2 Monate durch consequente H. G. vollkommen geheilt, so dass der Betreffende nach fast 3jähriger Unterbrechung seine frühere Beschäftigung wieder aufnehmen konnte.

Die Elektrotherapie der functionellen Hirnkrankheiten wird weiter unten besprochen.

Unter den Erkrankungen **des verlängerten Marks** kommt hier vorzugsweise die Bulbärparalyse, sowie eine Reihe verschiedentlicher Complexe bulbärer Symptome in Betracht.

Gegen diese Leiden gelangen folgende Methoden zur Verwendung: stab. long. und transv. occip. H. G.; stab. transv. und diag Galv. der Med. oblong.; Galv. a. H.; aufst. und abst. stab. Galv. des Halsmarks (vom Nacken zu den Brustwirbeln) (Erb, R. und E. Remak, Benedikt); interm. Galv. der gelähmten Muskeln (An Nacken, Ka als kleinste Elektrode interm. an die Lippen, Zunge, den Schlund etc.); Auslösung einiger Schluckbewegungen (durch kräftiges Hin- und Herstreichen am Halse mit der Ka); Farad. des Hypoglossus am Boden der Mundhöhle (Wilheim); gegen die, eine Erstickungsgefahr herbeiführenden Schlingkrämpfe wendet Benedikt V. A. an (der eine Pol im Nacken, der andere auf das Pomum Adami) und gegen Paresen des Zwerchfells locale Galv. und Farad. der Phrenici. Anwendung schwacher Str. (für die stab. Application Str. D. $^1/_{20}$, für die interm. $^1/_{10}$) und große Ausdauer sind hier unerlässlich. Obwohl die progr. Bulbärparalyse (nach Kussmaul und Erb) für absolut unheilbar gilt, hatte doch Benedikt zu wiederholten Malen derartige Fälle mit deutlich ausgesprochenen Symptomen bis zu 10 J. in Behandlung (während sonst die progr. Bulbärparalyse gewöhnlich in $2^1/_2$ J. tödtlich verläuft), und führt einzelne Fälle von Heilung auf. Von Heilungen berichten hier noch Dowse, Tomasi, Wilheim und hat u. A. selbst Erb (bei der apoplect. Form der Bulbärparalyse) Heilungserfolge erzielt. Ich habe im vergangenen Jahre in einem Falle hochgradig vorgeschrittener apoplect. Bulbärparalyse alle bereits ausgebildeten bedrohlichen Symptome durch die obenerwähnten Methoden vollständig zum Schwinden gebracht und konnte von Tag zu Tag markante Fortschritte der Behandlung constatiren, die mich und den Kranken (der selbst Arzt war) geradezu überraschten; nach einer, einige Monate dauernden Besserung erlag der Kranke (nach Unterbrechung der elektr. Behandlung) einem neuerlichen Anfalle.

Bei der Behandlung der **Psychosen** kommen die modificirenden, sedativen, dann die erregenden, excitirenden, endlich die vasomotorischen und resorbirenden (katalyt.) Wirkungen der Elektr. in Betracht und leistet die Elektrotherapie hier gegebenenfalls mehr als jede anderweitige Behandlungsart. Es haben sich denn auch zahlreiche Autoren mit diesem Gegenstande beschäftigt und dankenswerte Resultate zu Tage gefördert. Selbstverständlich kommt es hier auf stab. long., transv. und diag. H. G., auf Galv. a. H., Galv. der Med. oblong., stab. RStr., centr. Galv., allgem. Galv. und Farad., auf hydroelektr. Bäder, auf Anwendung von Hautreizen und symptom. Behandlung besonders in den Vordergrund tretender Krankheitserscheinungen nach allgemeinen Grundsätzen an; jedoch sind die diesbezüglichen Indicationen und Methoden noch nicht präcisirt und muss man demnach in jedem Falle eine dem vorliegenden Processe entsprechende Methode versuchsweise in Anwendung bringen —; übrigens sind bereits einige empirisch gewonnene Indicationen und Behandlungsvorschriften zu verzeichnen.

Nach Arndt eignet sich die Elektrotherapie vorzugsweise zur Behandlung jener Psychosen, die auf Functions-, Circulations- und vorübergehenden Ernährungsstörungen beruhen. — Krankheiten, die durch tiefer greifende organische Veränderungen bedingt sind, können mittels der Elektr. wohl nicht geheilt, allerdings aber oft gebessert werden. Je recenter die Fälle, desto günstiger unter sonst gleichen Umständen die Erfolge. Psychische Hyperästhesie contraindicirt die Anwendung der Elektricität.

Erb hat zur Behandlung der Psychosen mittels Elektr. folgende Regeln aufgestellt: Bei vagen Initialsymptomen mit Schlaflosigkeit, in frischen, leichteren Fällen, dann bei noch nicht völlig ausgebildeten Psychosen, sowie bei krankhaften Angstzuständen ist long. und diag. H. G., Galv. a. H. und Galv. der Med. oblong. indicirt; bei schweren Fällen ausgesprochener Melancholie, Stupor, Verrücktheit, Katatonie, hysterischen und Reflexpsychosen ziehe man die Galv. des Kopfes, Rückens und a. H. polar nach Arndt, oder die centr. Galv. nach Beard in Anwendung. (Arndt applicirt den diff. Pol am Kopfe, am Halse, im Nacken etc. den indiff. an den Füßen oder am Abdomen; bei Reizzuständen ist die An., bei Depressionszuständen, Torpidität, vasomotor. Lähmung, Melancholie etc. die Ka diff. Pol.) Bei Stupor und einfacher Depression ist Farad. verschiedener Hautstellen, sowie allgem. Farad. indicirt; bei period. Melancholie soll nur in der anfallsfreien Zeit Galv. des Kopfes oder Tragen eines einfachen Elementes am Kopfe in Anwendung kommen; bei Dementia paralytica übe man (nach Schüle) die Galv. a. H., die Galv. des Kopfes, Halsmarks und Rückenmarks mit aufst. Str. Contraindicirt ist die Elektrotherapie bei hochgrad. Erregungszuständen, Tobsucht, acuter Manie, sowie allgem. nervöser und psychischer Hyperästhesie.

Die bisherigen Erfahrungen, die bei der Elektrotherapie der Psychosen gesammelt wurden, lassen sich der Hauptsache nach in Folgendem zusammenfassen: Die stab. H. G. nach der Methode von Arndt, sodann die long. transv. und diag. H. G. wurde u. a. zur Behandlung von Angstgefühlen, Katatonie, Reflexpsychosen mit neuro- und psychopath. Veranlagung, mit Erregung und reizbarer Schwäche, bei Melancholie und Schlaflosigkeit (Arndt, Fr. Fischer, v. d. Heyden, Letourneau, J. H. Newth, Schüle, Tigges etc.), sodann zur Besserung verschiedener Symptome, wie Kopfdruck, Schwere, Leere und Wüstheit im Kopfe, Schlaflosigkeit etc., ferners zur palliativen Hebung verschiedener Kopfschmerzen, bei Hirntumoren (E. Remak) zur Rückbildung der Aphasie (Erb, E. Remak etc.) erfolgreich in Anwendung gezogen; die Galv. des Kopfes, des Rückenmarks und a. H. (Symp.) äußert günstige Einwirkung auf Schlaf, Schwindel, Angstgefühle, Ohrensausen, Druckempfindlichkeit an verschiedenen Stellen, Stupor etc. (v. d. Heyden, Tigges); durch stab. Anodenbehandlung des Nackens und Galv. a. H. wurden verschiedene Psychosen mit Aufregungszuständen günstig beeinflusst, die Sprachstörung bei Dementia paralytica behoben etc. (Arndt, Benedikt, Hitzig, Newth, E. Remak, Schüle, Tigges); nach Neftel's Methode: (An stab. am Gangl supr. Symp., Ka auf derselben Kopfseite mit gleichem Drucke langsam von den Augenlidern zum Hinterhaupt und zurück zur Mittellinie des Kopfes führend) hat A. Robertson einen Fall von (7 J. bestehendem) Verfolgungswahn mit Hallu-

cinationen in 3 Mon. geheilt; mittels Galv. der Wirbelsäule unter Anwendung V. A. hat Benedikt verschiedene Psychosen, so z. B. Melancholia attonita mit günstigem Erfolge behandelt; centr. Galv. nach Beard erwies sich vortheilhaft bei Hypochondrie; Anwendung schwacher continuirlicher Str., z. B. zwei Elemente am Kopfe transv. temp. applicirt, ergaben (zur Hebung verschiedentlicher oben genannter Symptome) evidenten Nutzen (Buch); selbst die symptomatische locale Galv., z. B. die Anodenbehandlung des Akusticus äußerte auf verschiedene entferntere Symptome, z. B. Gehörshallucinationen, Schlaflosigkeit, Kopfdruck etc. günstige Einwirkung (Althaus, Erlenmeyer, Fr. Fischer). Auch die Farad., u. zw. sowohl die loc. faradocutane Pinselung, wie auch die allgem. Farad. wurden mehrseitig erfolgreich in Anwendung gezogen, so z. B. erwies sich ausgedehnte faradocutane Pinselung erfolgreich bei psychischen Depressionszuständen, bei melanchol. Stupor etc. (Arndt, Benedikt, Schüle); Farad. der Magengrube und der Herzgegend wird bei Angstgefühlen, Farad. der Phrenici bei Depressionszuständen mit Vortheil verwendet (Arndt, Erb); Allgem. Farad. wurde mit Nutzen verwendet u. a. bei langjähriger Hypochondrie und Melancholie, mit starken vasomotor. Störungen, bei epilept. und hyster. Irresein, bei progress. Paralyse (Beard, Benedikt, Engelhorn, Fr. Fischer, Hitzig, Löwenfeld, Neftel, Schüle etc.). Der Frankl. stellt Benedikt in der Therapie der Psychosen eine große Bedeutung in Aussicht; so behandelte er mittels der elektr. Douche einen recenten Fall von Größenwahn („mit tobsüchtiger Anfregung und myotischer Pupillenstarre") und erzielte eine sofortige beachtenswerte Einwirkung, nämlich „ruhigen Schlaf und allgem. Beruhigung"; noch merkwürdiger war bei diesem Falle die Einwirkung auf die Verdauung, da Patient, an einem Ulc. rotundum leidend, bis zum Tage der 1. Sitzg. keine feste Nahrung vertrug, von diesem Tage an aber sein Magen gegen feste Speisen vollkommen tolerant wurde. Dass die jeweiligen Symptome und Localerkrankungen (wie Neuralgien, Anästhesien, Krämpfe, Paresen, Atrophien, abnorme Sensation im Kopfe und in den Gliedern, Obstipation etc.) besonders berücksichtigt und durch loc. Appl., bezw. allgem. Elektr. behandelt werden müssen, dass bei der stab. Galv. nur minimale Stromdichten und nur mit größter Aufmerksamkeit und Vorsicht in Anwendung gezogen werden dürfen, ist ebenso selbstverständlich, wie andererseits der Umstand, dass hier wohl mancher Heilerfolg in erster Richtung auf Rechnung des psych. Eindrucks und erst in zweiter Richtung auf Rechnung der Stromwirkung zu bringen sein dürfte (was jedoch keine Contraindication für die Anwendung der Elektr. bei Psychosen bildet).

Elektrotherapie der Erkrankungen der Sinnesapparate.

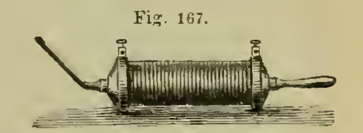
Die Erfolge, welche die Elektr. bei Behandlung der Lähmungen, Schmerzen, Anästhesien, dann bei Aufsaugung von Entzündungsproducten aufwies, veranlassten eine große Zahl von Autoren schon seit den ältesten Zeiten, auch die verschiedensten Erkrankungen der Sinnesorgane mittels Elektr. zu behandeln, und gelang es in einer Reihe derselben, durch die mehrfach besprochenen Wirkungen der Elektr. dauernde Erfolge zu erzielen, selbst in Fällen, in denen sich jede anderweitige Therapie als vergeblich erwies oder aber umständlicher, eingreifender oder von längerer Dauer gewesen wäre, denn die Elektrotherapie. Zur Orientirung sei aus der reichen Fülle des aufgehäuften Materials das Wichtigste hier in Kürze besprochen.

Das Auge wurde nach mehrfachen Richtungen zum Gegenstand elektrotherapeut. Eingriffe gemacht. Erkrankungen der Lider, der Augenmuskeln, der Bindehaut, der Cornea, der Iris, der Linse, des Glaskörpers, der Chorioidea, der Retina wurden theils direct (katalyt.), theils mittels Elektrolyse und Galvanokaustik erfolgreich behandelt oder aber wurde der Elektromagnet benützt, um in das Auge eingedrungene Eisensplitter aus demselben zu entfernen.

Mit Hilfe des Magnets wurden zuerst 1646 von Fabricius aus Hilden bei Köln, sodann 1779 von Morgagni und neuerlich öfters mit Hilfe des Elektro-

magnets aus dem Hornhautparenchym, der Iris, der Linse, dem Glaskörper und der Retina Eisensplitter entfernt. Hirschberg in Berlin veröffentlichte über diesen Gegenstand eine Monographie („der Elektromagnet in der Augenheilkunde“. Leipzig 1885) und bildete durch Construction eines Instrumentes, Fig. 167, sowie durch Feststellung der Indicationen das Verfahren weiter aus. 33 von ihm während 5 J. mit dem günstigsten Erfolge ausgeführte Magnetoperationen, sowie die zahlreichen in der Literaturübersicht angeführten Krankheitsgeschichten beweisen hinlänglich den Wert dieses Verfahrens.

Fig. 167.



An den Augenlidern werden verschiedentliche Neoplasmen (Angiome, Papillome, Carcinome etc.) mittels Elektrolyse (Nieden) und Galvanokaustik behandelt; bei En- und Ectropium der Lider wurden durch vorsichtige und durch längere Zeit fortgesetzte Farad. einzelner atrophirender Bündel des M. orb. palp. (u. zw. jener, deren Contraction die Lider in die richtige Stellung bringen) mit feinen Elektroden günstige Erfolge erzielt (Dutrait).

Über Krämpfe und Reflexkrämpfe der Lider cfr. pag. 371.

Unter den Bindehauterkrankungen wurde das Trachom elektrolyt. und katalyt. Behandlung unterzogen: die Ka wurde als kupferne Knopfsonde direct auf die Granulationen, die An als feuchte Elektrode indiff. (Rodolfi) oder beide Drahtelektroden 5 *mm* von einander entfernt, direct auf die Conjunctiva (Smith), bei kurzen Sitzgn. und schwachen Str. applicirt, u. zw. mit angeblich befriedigenden Resultaten.

Von den Augenmuskelerkrankungen wurden die Augenmuskellähmungen bereits pag. 367 besprochen. Erworbenen Nystagmus oscillatorius behandelte Svetlin wiederholt mittels stab. Appl. der (galv.) Ka (als großer Schwammelektrode) auf das geschlossene Auge, der An indiff. ($^1/_3$ bis $1^1/_3$ Min. auf jedem Auge) in 9—14 Sitzgn. mit vorzüglichem Erfolge.

Musculäre Asthenopie infolge Insufficienz der M. rect. int. behandelten Driver, Landsberg und Seely mittels des galv. Str. (lab. Ka an der Innenseite des Bulbus über die geschlossenen Augenlider) mit günstigem Erfolge.

Cornealerkrankungen wurden wiederholt erfolgreich mittels des galv. und farad. Str. behandelt und bei Anwendung des ersteren sowohl dessen katalyt., wie auch die elektrolyt. und therm. Wirkungen in Anwendung gezogen. Des farad. Str. bediente sich u. A. Arcoleo mit Erfolg, indem er die farad. An an den Nacken applicirte und mit der Ka als feiner Haarpinselelektrode bei Keratitis parenchymatosa die Conj. bulbi, bei Keratitis epithelialis und Herpes corneae hingegen das Cornealgeschwür direct 2—3mal in jeder Sitzg. flüchtig berührte. Bei parenchymatöser Hornhautentzündung setzte er auch noch die kleinen Pinsel- oder Schwammelektroden zu beiden Seiten der Cornea auf die Conj. bulbi. Überdies verwendete er eine breite Schwammkappenelektrode auf die geschlossenen Augenlider, die andere im Nacken mit günstigem Erfolge; seltener benützte er bei derselben Polstellung den galv. Str., mit Hilfe dessen Erb bei Keratitis und Conjunctivitis neuroparalytica und Brière bei Keratitis parenchymatosa entschieden günstige Resultate erzielten (An im Nacken, Ka stab. und lab. über die geschlossenen Augenlider). Chvostek behandelte eine Keratitis pannosa mittels Galv. a. H. mit vorzüglichem Erfolge. Hornhauttrübungen wurden sowohl katalyt. (Ka als wohlbefeuchtete Schwammelektrode auf das geschlossene Auge (An in die Hand) von M. Meyer mittels des Inductionsstromes und von Frommhold mittels des galv. Str., als auch elektrolyt. von Ruete und Driver (mit der An) und von Adler, Crusell, Gräfe, Mackenzie, Seeger, Willebrandt etc. (mittels der Ka) behandelt. Der Methode, sowie der mit derselben erzielbaren Erfolge Adler's geschah pag. 357 Erwähnung. Der Galvanokaustik, als heilkräftigsten Antisepticums bei destructiven Hornhautprocessen (bei traum. Keratitis mit Substanzverlust, bei Ulc. serpens und Hypopyon, bei Ulc. rodens, bei scrophulösen und torpiden centralen und Ringgeschwüren, bei Trachom im Stadium der Reizlosigkeit und bei Geschwüren an — an Pannus trachomatosus erkrankten — Hornhäuten, sodann bei büschelförmiger Keratitis mit vorgeschobenem Infiltrationsbügel etc.) hat sich Grossmann mit recht günstigem Erfolge bedient. — Auch Sattler und Knut kamen zu gleichen Resultaten.

Erkrankungen der Iris behandelten Arcoleo, Pl. Schivardi und Weisflog mittels des farad. Str. mit günstigem Erfolge. — Arcoleo placirt bei Hypopyon eine wohldurchfeuchtete kleine Schwammelektrode an den untern Cornealrand und berührt mit seiner Haarpinselelektrode 3—4mal in jeder Sitzg. die Gegend des Eiterherdes selbst direct (und atropinisirt nach jeder Sitzg. das Auge, womit er in 20 Fällen Heilung erzielte). Weisflog setzt bei Iritis eine große Schwammelektrode

auf das geschlossene Auge, applicirt die andere Elektrode indifferent und erzielte in 5 Fällen durch 6—8 halbstünd. Sitzgn. täglich, und in einem Falle (schwerer acuter Form) durch 3 einstünd. Sitzgn. täglich, Heilung.

Bei Entzündungen der Chorioidea, zumal bei den chronisch verlaufenden (mit Pigmentanhäufungen, plastischen Exsudaten und atrophischen Stellen), sowie bei jenen, die mit Veränderungen der Netzhaut einhergehen, kommen die katalyt. Wirkungen des galv. Str. in Anwendung, der bei einseitiger Erkrankung vom Arcus supraorb. zum Proc. mast. derselben Seite geleitet, bei bilateraler Erkrankung hingegen transv. temp. H. G. ausgeführt wird, mittels welcher Methode Dor gute Resultate erzielte.

Beginnende Trübungen der Linse behandelte Neftel (katalyt.) mittels der stab. Galv. vom geschlossenen Auge zum Nacken und alternirendem Polwechsel (schwache Str. und tägl. Sitzgn. durch 10 Min.) mit günstigem Erfolge (vollkommene Wiederherstellung der Sehfunction).

Betreff der Glaskörpertrübungen sagt Giraud-Teulon: „Bei jeder beliebigen (nur nicht allzu dichten und hypertroph.) Glaskörpertrübung kann die stab. Galv. als das wirksamste therapeut. Mittel angesehen werden und man kann hinzufügen von raschester Wirkung.“ Die Methode besteht in stab. transv. front. H. G. und stab. Galv. vom geschlossenen Auge zum Nacken mit alternirendem Polwechsel, oder in stab. Appl. der An auf das geschlossene Auge und der Ka an den Proc. mast. derselben Seite (durch 3 Min.) (Giraud-Teulon), oder in stab. Appl der Ka auf das Auge und der An an den gleichseitigen Grenzstrang des Symp. (Onimus) etc., mit Hilfe welcher Methoden außer den Genannten noch u. A. Boucheron, Carnus, Little etc. günstige Erfolge erzielten. Lefort rühmt der Anwendung schw. const. Str. (bei transv. temp. Appl.) günstige Erfolge nach.

Die Erkrankungen der Netzhaut, sonst anderweitigen Eingriffen ziemlich unzugänglich, sind so eigentlich die Domäne der Elektrotherapie, die hier mitunter glänzende Erfolge erzielt. Manchmal weist sogar der Spiegelbefund einen Fortschritt nach; aber auch, wo das Spiegelbild unverändert bleibt, steigt die Sehfunction auf das 2—4fache der Sehschärfe vor der elektr. Behandlung. Vorzüglich eignen sich die Decoloration sowie die functionellen und entzündlichen Netzhauterkrankungen für die Elektrotherapie, während die Behandlung der primären genuinen Sehnervenatrophien, sowie der sympt. Sehnervenerkrankungen nur selten irgend welche Erfolge aufweist. Die Methode besteht in Anwendung der modificirenden bezw. der katalyt. Wirkungen des galv. Str.; wohl kann auch der farad. Str. (reflector. von der Haut) in Anwendung gezogen werden. Um die Netzhaut dem Einflusse der dichtesten Stromfäden auszusetzen, wird die eine Elektrode über das geschlossene Auge (u. zw. bei Neuritis die An, bei bereits eingetretener Atrophie die Ka), die andere auf den Nacken applicirt. Um die Optici in der Orbita zu treffen, wird transv. front. H. G ausgeführt; ferner wird die Galv. a. H., sowie die periphere faradocutane Pinselung (nach Rumpf's Methode) mit Erfolg geübt. Bei entzündlichen Processen ist nur stab. Galv. indicirt, wo hingegen Resorption angestrebt wird, kommt stab. Galv. mit alternirendem Polwechsel und wo es sich um Erregung der anästhetischen Netzhäute handelt, lab. und interm. Ka über die geschlossenen Augenlider in Anwendung. So erzielten Neftel und Dor bei Retinitis pigmentosa (letzterer mittels der Methode wie bei Chorioiditis) günstige Erfolge; bei Papillitis und Papilloretinitis sah Driver von der Galv. a. H. günstige Resultate; bei Neuritis optica erzielte Erb mittels stab. transv. temp. H. G., dann stab. Appl. der An im Nacken, der Ka am geschlossenen Auge, endlich mittels Galv. a. H. (4 bis 5 Min. tägl. mittels schw. Str.) günstige Erfolge. Leber hatte von der Galv. a. H. (An an das Ganglion supr.) günstige Resultate, während Rumpf durch ausgebreitete periphere faradocutane Pinselung, E. Remak hingegen durch localisirte faradocutane Pinselung nach Vulpian Erfolge erzielten.

Neuroretinitis behandelten Benedikt und E. Remak mittels Galv. a. H. erfolgreich. Bei weißer Sehnervenatrophie erzielte Donald Fraser (mittels long. und transv. temp. H. G.), Driver (mittels stab. Appl. der Ka über der Orbita), Erb (im Anfangsstadium der Tabes, ferner noch) Onimus, Dor und Driver günstige Resultate. Amblyopien und Amaurosen nach Alkohol-, Blei- und Nicotinvergiftung, ferner Photophobie, Hemeralopie, hyst. Amaurosen und Amblyopien, traum. Netzhautanästhesien etc. behandelten nach den angegebenen Methoden Arcoleo, Boucheron (mit schw. cont. Str., An Stirn, Ka Nacken), Schivardi, Secondi (An Nacken, Ka lab. über die Augenlider) Seely etc. mit günstigen Erfolgen.

Der elektrodiagnost. Reactionen **des Gehörapparates** und der hierauf begründeten polaren Behandlungsmethode Brenner's wurde bereits pag. 301 etc. gedacht. Aber schon vor Brenner war das

Gehörorgan Gegenstand elektrotherapeut. Versuche und sind in der Literatur aus jener Zeit sowohl mittels der Frankl., wie auch später mittels der Farad. erzielte Erfolge verzeichnet, gleichwie auch heutzutage neben der Galv. sowohl die Farad., wie auch die Frankl. bei gewissen Ohrleiden mit Vortheil verwendet wird. Die Erkrankungen, um die es sich hier handelt, sind in erster Richtung Schwerhörigkeit und nervöses Ohrensausen, Hyperästhesien, Parästhesien, sowie Torpor des Akusticus; wohl wurden auch die katalyt. Wirkungen des galv. Str. zur Behandlung von Trommelfelltrübungen, Trockenheit im äußeren Gehörgang etc. in Anwendung gezogen, während die Behandlung der Taubstummheit (ehedem von Volta, Duchenne, Bonnafont, Finella, Menière etc. geübt) heute nur mehr ab und zu versuchsweise unternommen wird. Bei Behandlung des nervösen Ohrensausens, das erfahrungsgemäß von den Kranken gewöhnlich als viel unangenehmer bezeichnet wird, denn die Schwerhörigkeit selbst, kommt es auf jene Momente (zumeist wohl An S, An D und Ka Ö, mitunter aber auch die entgegengesetzten) an, durch welche das Ohrensausen vermindert, bzw. unterdrückt wird; diese sind in wirksamster Weise in Anwendung zu bringen, während man jene Reizmomente, die eine Verschlimmerung herbeiführen, durch vorsichtiges Ein- und Ausschleichen unwirksam machen muss. Sind beide Ohren afficirt, so armire man dieselben mittels einer gabelig getheilten Leitungsschnur mit demselben differenten Pole, während der indiff. (bei einseitiger Erkrankung an die contralaterale Hand, sonst aber) an das Sternum applicirt wird. Nach derselben Methode müssen auch stets beide Ohren in allen jenen Fällen behandelt werden, in denen infolge der Appl. der Elektr. Schwindel eintritt. In schweren Fällen, wo kein Reizmoment beruhigend wirkt, muss man von den modificirenden Wirkungen ganz absehen und die katalyt. mit alternirendem, successiven Polwechsel in Anwendung bringen. Benedikt erklärt die Anwendung der V. A. als das beste Mittel gegen nervöses Ohrensausen und benützt neuerdings die Frankl. mit Erfolg zur Behandlung der Schwerhörigkeit. Auch der farad. Str. wird zu ähnlichen Zwecken mit günstigem Erfolge in Anwendung gezogen. Bei Benützung der stab. Galv. zur Entfaltung der modif. Wirkungen ist die größte Präcision, vorsichtiges Ein- und Ausschleichen unerlässlich; die Stromstärke wird so intensiv genommen ($^1/_{10}$—$^2/_{10}$ Stromdichte) als nöthig ist, um die Ohrgeräusche zu deprimiren, nur darf hiedurch kein Schwindel erzeugt werden; wo eine Methode sich erfolgreich erweist, ist die Wiederholung der Sitzgn. mehrmals im Tage, wie bei der Behandlung der Neuralgien, indicirt. Die äußere Polappl. ist der innern vorzuziehen.

Mit der Behandlung von nervösen Geräuschen beschäftigten sich u. A. Duchenne, Becquerel, Tripier, R. Remak, Hiffelsheim, van Holsbeek, Namias etc. Durch consequente vorsichtige Anwendung der modific. Wirkungen in der angegebenen Weise erzielten hier selbst bei chron. Leiden u. A. Erfolge: Brenner, Bettelheim, Hagen, Erb, Moos, Hedinger, Neftel, E. Remak. Schulz in Wien erzielte bei nervösen Ohrgeräuschen mittels transv. occip. H. G. oder diag. Galv. vom Proc. mast. zum Nacken, Benedikt mittels V. A. und stab. Frankl., Schivardi mittels des farad. Str. bei äußerer Appl. feuchter Elektroden dankenswerte Erfolge.

Schwerhörigkeit und Torpor des Akusticus werden mittels V. A. oder interm. Appl. der Ka an das Ohr behandelt. Mittels Farad. von dem mit Wasser gefüllten äußeren Gehörgang zur Hand wurde Schwerhörigkeit von Donavan, Duchenne, Jobert, Peschau, Zuffi u. A. erfolgreich behandelt. Benedikt erklärt gegen Schwerhörigkeit und Ohrensausen die Frankl. mittels des Ohrtrichters als

das wirksamste Mittel. Hiebei werden beide Kugeln der Influenzmaschine einander genähert, so dass auf das Trommelfell nur ein feines Funkensprühen übergeht, das höchstens ein schwaches Knistern verursacht; tritt aber Knattern auf, so muss die Entfernung der beiden Kugeln an der Influenzmaschine vermindert werden. — Die Wirkung auf die Schwerhörigkeit ist momentan, das Sausen bessert sich allmählig. Benedikt erzielte mittels dieser Behandlungsmethode Wiederkehr der Perception von Tönen, in Fällen, wo im Beginne keine Spur von Gehörswahrnehmung nachzuweisen war. In recenten Fällen tritt oft sofort Erfolg ein; so berichtet Benedikt über einen Fall von acutem Mittelohrcatarrh mit Einziehung des Trommelfells, den er in 3 Sitzgn. innerhalb dreier Tage heilte.

Trübungen des Trommelfells behandelten u. A. Brenner, Hagen und Hedinger mittels der stab. Galv.: Ka als feuchte Schwammelektrode in den Meat. aud. ext., An im Nacken, oder Einführung der Ka in den mit Wasser gefüllten äußeren Gehörgang.

Gegen anderweitige Erkrankungen wird am Gehörapparate noch die Elektrolyse und Galvanokaustik erfolgreich benützt.

Erkrankungen der Geschmacksnerven (Ageusis) und der Geruchsnerven (Anosmie) kommen fast ausnahmslos nur als Begleiterscheinungen anderer Erkrankungen vor und schwinden mit der erfolgreichen Behandlung des Grundleidens. Wohl können hier überdies noch die local. erregenden Wirkungen des galv. und farad. Str. nach allgem. Grundsätzen in Anwendung gezogen werden und führen gegebenenfalls auch zum Ziele (Bärwinkel, Beard, Ferrier, Fieber, Neftel u. A.).

Elektrotherapie der Erkrankungen des Rückenmarks.

Gleich dem Gehirne ist auch das Rückenmark sowohl directer, wie auch reflector. Beeinflussung seitens elektr. Str. zugänglich und reagirt auf gewisse Reize, wie bereits erwähnt, u. a. durch Änderung der Blutfülle und Beschleunigung, bzw. Verzögerung der Circulation. Außer den durch diese vasomotor. Veränderungen schon a priori möglichen und durch unzählige prakt. Erfahrungen sichergestellten katalyt. Wirkungen lassen sich noch am Rückenmarke günstiger, denn sonst irgendwo modif. Wirkungen (durch die erfolgreiche Anodenbehandlung der hier zumeist an den Dorsalfortsätzen der Wirbel nachweisbaren Druck-, sowie galv. Schmerzpunkte) entfalten. Die leichte Zugänglichkeit des RM. gestattet andererseits gegebenenfalls die Anwendung der erregenden Wirkungen der Elektr., wodurch am RM. ebenfalls wie am Gehirn, Krankheitserscheinungen und Symptomengruppen, die auf Störung der Circulation, auf Transsudation, auf Druck seitens eines Exsudats, auf Unterbrechung der sensiblen oder motor. Leitung etc. beruhen, sich erfolgreich behandeln lassen. Es ist selbstverständlich, dass auch durch die Elektrotherapie bereits eingetretene anatom. Veränderungen, zumal Atrophien, nicht rückgängig gemacht werden können. Bei dem Umstande aber, als selbst die für absolut unheilbar geltenden destructiven Rückenmarkserkrankungen nicht sofort mit der Atrophie einsetzen, sondern erwiesenermaßen mitunter jahrelang im Stadium der Circulationsstörung und Infiltration der Glia verharren, sind in diesen Zuständen eben hier noch Erfolge zu erzielen, die sonst keine andere Behandlungsmethode aufweisen kann. Die elektr. Behandlung des RM. wird zunächst in loco morbi ausgeführt; periph. Symptome werden außerdem noch in loco symptomatis entsprechend behandelt. Die Methoden der Stromappl. am RM. wurden bereits pag. 333 besprochen und sei hier nur nochmals wiederholt, dass zur Behandlung eines genau localisirbaren Krankheitsherdes die transv. Galv. des RM. von der Vorderseite des Stammes zu

dem entsprechenden Wirbel oder die long. stationäre Galv. des RM. verwendet wird. Wo sich der Sitz des Leidens hingegen nicht mit Sicherheit nachweisen lässt, galvanisirt man das RM. seiner ganzen Länge nach oder successive stationsweise. Was die Polstellung anbelangt, so setzt man nach Löwenfeld die Ka an das Halsmark (An an das Lendenmark), wenn es sich um Erzielung von Anämie, und umgekehrt, die An an das Halsmark, wenn es sich um Hervorrufung von Hyperämie des RM. handelt (nur dürften diese Indicationen in praxi sehr schwer präcise zu stellen sein); gilt es, katalyt. Wirkungen zu entfalten, so ist der alternirende Polwechsel indicirt, indem man entweder längs der ganzen Wirbelsäule oder stationsweise beide Pole nacheinander an dieselbe Stelle aufsetzt (selbstverständlich bei stab. Appl. nach vorhergegangenem Aus- und Einschleichen). Aus prakt. Gründen wird bei frischen entzündlichen Vorgängen und reizbaren Individuen die minder energisch erregende An, dagegen bei älteren Processen und reizlosen Individuen die Ka an die Stelle des Krankheitsherdes am RM., die indiff. Elektrode hingegen auf das Lendenmark oder Sternum, oder Abdomen applicirt. Außer der directen Behandlung des RM. wird auch die Galv. a. H. (nach M. Meyer's Methode) oder verbunden mit der diag. Galv. des Cervicalmarks (nach C. W. Müller) bei verschiedenen Rückenmarkserkrankungen erfolgreich in Anwendung gezogen (Erb, Flies, C. W. Müller, E. und R. Remak etc.). Um reflector. auf das RM. einzuwirken, verwendet man nach Rumpf die faradocutane Pinselung des Rückens und der Extremitäten (mit dem farad. Kathodenpinsel, während die An als Schwammelektrode am Sternum ruht) bis zur tiefen Röthung der Haut. Druck- und galv. Schmerzpunkte werden der stab. Anodenbehandlung unterworfen. Um erregend auf das RM. einzuwirken, wird mit der Ka des galv. Str. zu beiden Seiten der Wirbelsäule nach auf- und abwärts gestrichen (lab. Galv.); nach C. W. Müller applicirt man die An (von 10 cm^2 wirksamer Fläche) ins Jugulum und streicht mit der Ka (von 25 cm^2 Oberfl. bei Benützung einer Stromstärke von 1·75 M. A.) langsam je 15mal zu beiden Seiten (bei Scoliose nur auf der convexen Seite) längs der Wirbelsäule herab. Die directe Behandlung des RM. darf nur mittels schw. Str. ($^1/_{40}$—$^1/_{20}$ Str. D.) vorgenommen und im ganzen nicht über 3 Min. ausgedehnt werden.

Bei Pachymeningitis und Meningitis spin. acuta und chron. warte man stets mit der elektr. Behandlung, bis die Reizerscheinungen völlig geschwunden sind und unterbreche dieselbe immer, wenn neuerliche Reizerscheinungen eintreten. Die hier zu benützenden Methoden bestehen in stab. und lab., aufst. und abst. Galv. des RM., sowie in diag. Galv. vom RM. zum Symp.; Muskellähmungen und Atrophien werden periph. symptom. behandelt. Einen Fall von Meningitis spinalis mit Druckempfindlichkeit der obersten Brustwirbel behandelte C. W. Müller mittels stab. Galv. von der druckempfindlichen Stelle (mit 55 cm^2 wirksamer Elektrodenfläche) zum Gangl. supr. Symp. (10 cm^2), mit Stromstärken von 1·5 M. A., je 40 Sec. beiderseits, mit gutem Erfolg.

Meningealapoplexien werden mittels long. und transv. Galv. des RM. (mit alternirendem Polwechsel), sodann mittels abst. RStr., RNStr. und RMStr. behandelt. Periph. Symptome, wie Anästhesien, Lähmungen (Paraplegien, Blasenlähmungen u. s. w.), Darmatonie etc. werden periph. symptom. behandelt.

Anämie und Hyperämie des RM. wird mittels stab. Galv. nach Löwenfeld, die Hyperämie überdies noch mittels der faradocutanen Pinselung nach Rumpf erfolgreich behandelt.

Spinalapoplexien werden mittels stab. Galv. und alternirendem Polwechse (katalyt.) behandelt.

Myelitis acuta, subacuta und chron., transversa, centralis und universalis progressiva, Myelomeningitis und Compressionsmyelitis,

sowie deren Ausgänge, die multiple Sclerose werden nach denselben Principien behandelt und mitunter günstige Erfolge erzielt. Circumscripte Herde werden der long. und transv. stab. Galv. mit alternirendem Polwechsel unterzogen, wenn aber strangförmige Erkrankungen vorliegen, wird das ganze RM. auf einmal oder stationsweise mit aufst. und abst. stab. RStr. behandelt (Bärwinkel, Benedikt, Eulenburg, Erb, Flies, Hitzig, Hanot, Joffroy, v. Krafft-Ebing, Lewin, Mendel, C. W. Müller, Onimus, Pierson, R. und E. Remak, Richter, M. Rosenthal, Seeligmüller etc.). Außerdem wird Galv. a. H., stab. Galv. von den druckempfindlichen Wirbeln zum Gangl. supr. Symp. und stab. Anodenbehandlung der Schmerzpunkte selbst, sowie faradocutane Pinselung (E. Remak und Rumpf) und allgem. Farad. in Anwendung gezogen. Recht große Elektroden (70 cm^2) müssen hier in Anwendung gezogen werden, um entsprechend große Stromintensitäten einwirken lassen zu können. Bei einem einzigen Herde bedecke man denselben mit der Elektrode (die abwechselnd bald An, bald Ka sein soll) und placire die andere Elektrode entweder gegenüber an der Vorderseite des Stammes oder oberhalb und sodann unterhalb des Erkrankungsherdes. Die anzuwendende Stromdichte sei im Anfang $^1/_{40}$—$^1/_{35}$ und soll gegebenenfalls nicht über $^1/_{18}$ gesteigert werden; stärkere Str. (bzw. größere Stromdichten) bringen entschieden Schaden. Bei mehreren Stationen oder mehrfach alternirendem Polwechsel betrage die Sitzungsdauer für jede Station nur $^1/_2$ Min. Neuralgien, Blasenlähmung, Sensibilitätsstörungen etc. müssen überdies noch peripher symptomatisch behandelt werden. Bei großer Ausdauer und unter Anwendung recht geringer Stromdichten hat C. W. Müller eine ganze Reihe einschlägiger Erkrankungen mit vorzüglichem Erfolge behandelt und selbst in einem Falle deutlich ausgesprochener multipler Sclerose des Centralnervensystems einen brillanten Erfolg erzielt. Da es hier gewöhnlich auf eine oft viele Monate, ja selbst über 1 Jahr dauernde Behandlung ankommt, widerräth C. W. Müller große Pausen in der elektr. Behandlung eintreten zu lassen.

Betreff der Tabes dorsualis gilt Romberg's Satz: „Die Tabes sei eine unheilbare Krankheit" auf Grund elektrotherapeut. Erfahrungen nicht mehr (v. Krafft-Ebing), da nicht nur complete Heilungen von zuverlässigen Autoren verzeichnet sind, sondern vielmehr fast jeder Elektrotherapeut über eine mehr weniger große Zahl von Besserungen wichtiger Symptome, selbst in veralteten Fällen dieser Krankheit und Wiederherstellung der unterbrochen gewesenen Berufsfähigkeit berichten kann. Eine vorsichtige, methodische, nicht schablonenhafte Behandlung wird sicherlich in der großen Mehrzahl der Fälle, wenn auch nur vorübergehenden Nutzen schaffen. In erster Richtung ist hier die stab. Galv. des RM. mit sehr geringen Stromdichten bei Anwendung großer Elektroden, sowie stab. und lab. Galv. der Nervenstämme der Extremitäten indicirt, mittels welcher Behandlungsmethode die günstigsten Resultate erzielt werden (Bärwinkel, Benedikt, O. Berger, Brenner, Chvostek, Drissen, Engelskjön, Erb, Eulenburg, Flies, Hanot, Joffroy, Jolly, v. Krafft-Ebing, Lewandowski, Mendel, M. Meyer, C. W. Müller, Neftel, Onimus, R. und E. Remak, Richter, M. Rosenthal, Rumpf, Seeligmüller, de Watteville etc.). Außerdem werden noch stab. Galv. vom RM. zum Symp., lab. und interm. RNStr., RPlStr., RMStr., sowie Galv. a. H. und stab. Anodenbehandlung der Schmerzpunkte erfolgreich benützt. Rumpf hat mittels der faradocutanen Pinselung des Rückens und der Extremitäten mit der Ka (An als Schwammelektrode am Sternum) in Fällen typischer Tabes complete Heilungen erzielt, die auf die schmerzstillenden sensibilitätserhöhenden, reflector. (centripetalen) und circulationsändernden Effecte dieser Behandlungsart zurückzuführen sind. Dieser Methode bedienten sich noch Engelskjön, Jolly, Löwenfeld, M. Meyer, Niermeijer und E. Remak erfolgreich. Ich habe mittels der besprochenen Galvanisationsmethoden in Verbindung mit der faradocutanen Pinselung nach Rumpf unter 120 behandelten Fällen von Tabes 12 (somit 10%) geheilt. Kniephänomene waren wiedergekehrt, alle Symptome der Krankheit geschwunden und konnte die Genesung durch eine Reihe von Jahren controlirt werden, u. zw. sogar in Fällen, die selbst hervorragende Neuropathologen als völlig aussichtslos erachteten und habe ich in weiteren 80% erhebliche Besserung der Gehfunction, Verminderung der Ataxie, Nachlass der Schmerzen, Schwinden der Myose und reflector. Pupillenstarre etc. erzielt, welche Besserungen viele Monate bis Jahre lang anhielten. Clemens sah von der Frankl. (er applicirte auf den Nacken eine Zinkplatte und auf das Kreuzbein eine Kupferplatte, verband sie durch einen längs der Wirbelsäule freiliegenden Kupferdraht und richtete durch die Kleider auf die Kupferplatte einen Funkenstrom) Besserung mancher Symptome („die Patienten konnten nach jeder Sitzg. besser gehen und hörten auf zu strampfen"). Periphere Sympt., wie Augenmuskellähmungen, Sehnervenatrophien, Schwerhörigkeit, Anästhesien, Lähmungen der Extremitäten und der Blase werden in entsprechender

Weise symptomatisch behandelt. Gegen die lancinirenden Schmerzen wende man stab. Anodenbehandlung (An hiebei nach Erb auf die Wurzelregion der schmerzenden Nerven, Ka an der schmerzenden Hautstelle selbst), sowie schwellende farad. Str. an. In ähnlicher Weise wird das Gürtelgefühl, sowie die Gürtelschmerzen behandelt. Am RM. sollen nur große Elektroden (70 cm^2) und durchschnittlich nur Str. D. von $^1/_{20}$—$^1/_{18}$ in Anwendung kommen. Je näher die Elektroden dem Kopf auf der Halswirbelsäule zu stehen kommen, desto mehr gehe mau mit der Stromdichte herab (in der Nähe des Kopfes $^1/_{40}$—$^1/_{35}$). Bei der interm. abst. Galv. der Nervenstämme nnd Muskeln brauchen letztere nicht zu zucken. Treten Reizerscheinungen auf, so gehe man mit der Stromdichte noch herab und wird die elektr. Behandlung nicht vertragen, so setze man dieselbe zeitweise ans und suche vor allem andern hier ja nicht zu forciren, denn durch eine zn große Stromintensität kann hier leicht ein nicht mehr zu beseitigender Schaden angerichtet werden.

Bei der spastischen Spinalparalyse (Erb) und der amyotroph. Lateralsclerose (Charcot) ist stab. Galv. des RM. (An an den Brustwirbeln, Ka an die Lendenwirbel oder auf die Austrittsstelle des N. crural. auf den Schenkel nach E. Remak) und Galv. a. H. indicirt, womit mehrfach glänzende Erfolge erzielt wurden. O. Berger warnt hier vor Anwendung des farad. Str., sowie vor periph. lab. Galv.

Bei Poliomyelitis ant. acuta, subacuta und chron. (infant. et adult., infantiler Paralyse, atroph. Spinalparalyse etc.), einer Erkrankung der Vordersäulen des RM., kommt es in erster Richtung auf die stab. centr. Galv. des RM. an. Um hier Entzündungsproducte zur Aufsaugung zu bringen, müssen möglichst große, sehr stark durchfeuchtete Elektroden aufgesetzt, gut angedrückt und der entsprechend intensive Str. (D. = $^1/_{20}$—$^1/_{18}$) nach $^1/_2$ Min. (und nach vorherigem Ausschleichen) in seiner Richtung gewechselt werden. In dieser Weise wird das ganze RM. vom Halse bis zum Kreuzbein das einemal in aufst., das anderemal in abst. Richtung durchströmen gelassen; außerdem findet noch stab. Galv. der besonders betroffenen Rückenmarkssegmente, nämlich bei Lähmung der Oberextremitäten, vorzugsweise der Halsanschwellung, bei Lähmung und Atrophie der Unterextremitäten dagegen, der Lumbaranschwellung, sowohl long., durch Ansetzen beider Pole nahe aneinander, wie auch transv., u. zw. im ersteren Falle diag. zum Symp., im letzteren Falle transv. zur Vorderseite des Stammes (ebenfalls mit alternirendem Polwechsel), sowie Galv. a H. statt. Die atrophirenden Muskeln müssen mittels lab. und interm. RNStr. (An über dem erkrankteu Rückenmarkssegmente, Ka interm. an den motor. Punkten), sowie direct mittels RMStr. behandelt werdeu; auch kann periph. Farad. der erkrankten Muskeln mittels feuchter Elektroden oder Galvanofarad. in derselben Weise, endlich faradocutane Pinselung wie bei der Tabes dors. angewendet werden. Die Prognose ist im ganzen bei Erwachsenen günstiger als bei Kindern, sowie günstiger, je eher mit der elektr. Behandlung begonnen wird. Ausdauernde (nicht forcirte) Behandlung, anfangs tägl., später 3—4mal wöchentl., selbst wenn die Aussicht auf Besserung noch so gering ist, wenigstens über 1 Jahr mit 14täg. Pausen nach je 8 Wochen führt in mancheu Fällen zu vollkommenen Heilungen, sonst in der Regel bei nicht veralteten Fällen zu erheblichen Besserungen. Ich habe zu wiederholtenmalen, so erst im Vorjahre, recht desperat aussehende Fälle bei 5—6jährig. Kindern mittels der oben besprochenen Behandlungsmethode completer Heilung zugeführt; über Heilerfolge berichten noch u. A. Clemens, Erb, Eulenburg, C. W. Müller, M. Rosenthal, E. Remak, Vizioli, Wilheim etc.

Die progressive Muskelatrophie (disseminirte progr. Degeneration der grauen Vordersäulen des RM., mitunter mit Bulbärparalyse combinirt) gilt nach Erb in ihren typ. Formen für unheilbar und ist (nach diesem Autor) nur bei der Dystrophia muscularis juvenilis (Erb) Aussicht auf Erfolg vorhanden. Indessen sind hin und wieder auch typ. Formen gebessert, ja sogar völlig wiederhergestellt worden (C. W. Müller, Neftel, Nesemann, Väter etc.), was in jedem Falle zur ausdauerndeu Behandlung nöthigt. Die Therapie bestebt im wesentlichen, wie bei der Poliom. ant., in stab., long., aufst. und abst. RStr. vom Nacken zur Lende oder stationär (in 3 Stat.) oder transv. zur Vorderseite des Stammes (mit Str. D. $^1/_{30}$—$^1/_{18}$), ferner in Galv. a. H. (Benedikt, Friedreich, Erb, Onimus, R. nnd E. Remak), in diag. Galv. der Cervicalanschwellnng zum Gangl. supr. Symp. (C. W. Müller), endlich in lab. und interm., periph. galv., abst. RNStr., RMStr. und Farad. mittels feuchter Elektrodeu (Duchenne), Elektromassage (M. Rosenthal), allgem. Farad. (Väter), bei bulbären Symptomen, in entsprechender Behandlung des Gehirns und der Med. oblong. Starke Str. vermehren die Muskelatrophie und bringen entschiedene Verschlimmerung (Clemens, Nesemann).

Elektrotherapie der anatomisch nachweisbaren Erkrankungen peripherer Nerven.

Nach der Besprechung der Elektrotherapie der Neuralgien, Anästhesien, Krämpfe und Lähmungen, sowie der Behandlung periph. Symptome der Erkrankungen des Centralnervensystems erübrigt hier noch die Besprechung der Elektrotherapie der Neuritis und Perineuritis. Diese Erkrankungen können acut oder chron. verlaufen, als Neuritis suppurativa, sclerotica, nodosa, parenchymatosa und degenerativa, als Neuritis migrans, ascendens, descendens, disseminata und ihrer Ursache nach als rheumatisch, traumatisch, toxisch auftreten, lassen sich gewöhnlich bei genauer Untersuchung sicher localisiren und ist der Sitz der Erkrankung mitunter sogar ziemlich leicht palpabel. Was das Grundleiden anbelangt, so kommen die katalyt. Wirkungen der Elektr. hier zunächst in Betracht und ist demnach die stab. Galv. des erkrankten Nervenstammes mit alternirendem Polwechsel (Ein- und Ausschleichen) indicirt. Da indes das hervortretendste Symptom fast ausnahmslos ein mehr weniger heftiger Schmerz ist, so wird man hiegegen die stab. Anodenbehandlung des locus dolens in Anwendung ziehen, denselben mit einer großen wohldurchfeuchteten Plattenelektrode bedecken und die Ka entweder indiff. oder gegenüber, oder aber oberhalb und unterhalb des Krankheitsherdes appliciren und außerdem noch die stab. Galv. jenes Rückenmarkssegments, welches als das troph. Centrum des erkrankten Nerven anzusehn ist, hinzufügen. Führt die Anodenbehandlung der Läsionsstelle nicht zum Ziele, so applicire man (nach R. und E. Remak, Erb etc.), zumal in chron. Fällen, zunächst die An und hierauf die Ka abwechselnd als diff. Elektrode auf dieselbe. In manchen Fällen wird man auf reflector. Wege durch faradocutane Pinselung (nach Rumpf) auf die Circulation und Ernährung des afficirten Gebiets günstigen Einfluss nehmen können. Periphere Symptome (Neuralgien, Anästhesien, Paresen und Atrophien) sind entsprechend peripher zu behandeln. Die centr. Behandlung ist indes die Hauptsache und kann die periphere, zumal bei traum. Läsionen, oft erst im Regenerationsstadium sichtliche Fortschritte herbeiführen. Nur in Fällen primärer Atrophie ist auch eine entsprechende periphere Behandlung unbedingt sofort einzuleiten.

Neuritis und Perineuritis der Extremitätennerven (Nn. med., trigem., rad., uln., ischiad., crural. etc.), sowie der Nervengeflechte (z. B. Plex. brach.) behandelten u. A. Althaus, Erb, Fr. Fischer, Leyden, M. Meyer, R. und E. Remak etc. in der oben angegebenen Weise mittels stab. Galv. mit günstigem Erfolge, (so z. B. Erb eine Neuritis N. med. chron. in 70, M. Meyer eine Neuritis uln. in 54 Sitzgn.) Bei einer Neuritis plex. brach. combinirte Erb die stab. Galv. des Plex. brach. und die lab. Behandlung der gelähmten Muskeln und Nerven erfolgreich mit der Galv. a. H. Neftel hat in veralteten Fällen von Neuritis durch Tetanisiren der einzelnen ergriffenen Nerven mit maximaler Flexion und Extension Erfolge gesehen, indes ist die Behandlung mit schw. Str hier entschieden vorzuziehen. Bei sehr heftigen Schmerzen verwende man, wenn die stab. Galv. nicht zum Ziele führen sollte, die faradocutane Pinselung (farad. Moxe), sowie die farad. Massage (mittels der Massirrolle).

Elektrotherapie der allgemeinen Neurosen und functionellen cerebrospinalen Affectionen.

Hier sei die Elektrotherapie aller jener Symptomencomplexe zusammengefasst, die gemeiniglich als functionelle Erkrankungen angesehen

werden und deren Art und Localisation sich nicht genau präcisiren lässt. Es sind dies zumeist Leiden, gegen welche andere therapeut. Methoden nicht viel auszurichten pflegen, die indessen mitunter ganz günstige Objecte für die Elektrotherapie abgeben; gegen einige derselben vermag jedoch auch die Elektrotherapie nicht viel zu leisten. Die Behandlung wird sich in allen jenen Fällen, in denen sich der Sitz des Leidens annähernd bestimmen lässt, demselben in erster Richtung direct zuwenden müssen, um durch die modificirenden und katalyt. Stromwirkungen etwa vorhandene moleculäre, nutritive Störungen auszugleichen. In zweiter Richtung werden jene periphere Reizzustände, welche die Krankheit veranlassten oder sie unterhalten, durch eine zweckentsprechende Stromappl. zu beseitigen und die vorhandenen Cardinalsymptome method. Behandlung zu unterziehen sein. Die centr. Behandlung wird sich daher womöglich über das ganze Nervensystem erstrecken, und werden hier die allgem. Galv. und Farad., die centr. Galv. und elektr. Bäder in erster Richtung indicirt sein. Je nach der Localisation oder den Symptomen wird sodann das Gehirn, die Med. oblong. und das RM. nach allgemeinen Grundsätzen zu behandeln sein; auf die Circulation wird man durch Galv. a. H., durch diag. Galv. vom Halsmark zum Gangl. supr. Symp., sowie durch faradocutane Pinselung einzuwirken trachten. In vielen Fällen ist die allgem. oder localisirte Frankl. mit Vortheil benützt worden. Periphere Symptome werden selbstverständlich nach den bisher auseinandergesetzten Grundregeln peripher, symptomatisch behandelt.

Die Neurasthenie, eine moderne Krankheit, ein Erschöpfungszustand mehr weniger des gesammten Nervensystems, vorzugsweise in reizbarer Schwäche sich äußernd, ohne jede nachweisbare objective Veränderung, beschränkt sich das einemal vorzugsweise auf das Gehirn (cerebrale Neurasthenie), oder vorwaltend auf das RM. (spinale Neurasthenie), oder sie äußert sich hauptsächlich in Circulationsstörungen (vasomotor. Neurasthenie), oder sie ist vorwiegend mit sexuellen Störungen complicirt (sexuelle Neurasthenie), oder aber sie tritt als Combination aller dieser Formen auf (universelle Neurasthenie). Auf gleiche Weise, wie diese Symptomencomplexe, zumal die spin. Neurasthenie, ist auch die Spinalirritation (die von den amerik. Ärzten der Neurasthenie subsumirt, von manchen deutschen Ärzten aber, von der Neurasthenie getrennt wird) zu behandeln. Die Cerebralneurasthenie wird mittels long., transv. und diag. H. G., vorzugsweise zur Beseitigung von Schwere, Leere und Wüstheit im Kopfe, ferners der psych. Verstimmung, sowie zur Besserung des Schlafs (E. Remak, Althaus, Hughes Bennett), oder mittels Galv. des Kopfes nach Neftel's Methode (cfr. pag. 385), weiters mittels Galv. a. H. und Galv. des Cervicalmarkes, sowie mit der farad. Hand am Kopfe behandelt, oder eine große Elektrode auf den Kopf, die andere an den Füßen applicirt. Außerdem ist hier noch die centr. Galv. nach Beard (zumal bei cerebraler Erschöpfung), die allgem. Farad. (Benedikt, Engelhorn, Erb, Fr. Fischer, Holst, Maienfisch, Möbius, Stein etc.), elektr. Bäder, sowie faradocutane Pinselung nach Rumpf (zumal bei Congestionen zum Gehirn) indicirt. Die spinale Neurasthenie äußert sich zumeist als hyperästhetische Form mit Druck-, sowie galv. Schmerzpunkten im Nacken und zwischen den Schulterblättern, entsprechend den Dorn- und Querfortsätzen der Wirbel (Tenderness of the spine), die besonders unter der Ka des galv. Str. oder unter dem farad. Pinsel scharf hervortreten. Hier empfiehlt sich in erster Richtung stab. Anodenbehandlung dieser Schmerzpunkte, sodann stab. aufst. RStr. (die nach Ranke hemmend auf die Reflexe und kräftigend auf die Rückenmarksfunctionen einwirken) in Anwendung zu ziehen; sodann Galv. a. H., faradocutane Pinselung des Stammes und der Extremitäten (nach Rumpf), centr. Galv. (nach Beard zur Beseitigung der spin. Erschöpfung), allgem. Elektrisation und elektr. Bäder. Bei vasomotor. Neurasthenie ist in erster Richtung Galv. a. H. und Galv. des Cervicalmarks, bei universeller Neurasthenie centr. Galv., allgem. Elektrisation und elektr. Bäder indicirt. Bei der sexuellen Neurasthenie erweisen sich besonders farad. Bäder (Erb, Eulenburg, Lehr, Löwenfeld, Stein), stab. Anoden-

hehandlung des Nackens (E. Remak) oder vom Nacken zum Epigastrium und zur Herzgegend (Erb), von Vortheil. Galv. a. H. und Galv. des Vagus wirken besonders heruhigend hei Herzpalpitationen, Angstzuständen und vasomotor. Störungen. Zur Erhöhung der Muskelleistung empfiehlt Stein die Galvanofarad. Gegen die Schlaflosigkeit empfiehlt sich vorzugsweise Galv. des Kopfes und Galv. a. H. mit ausnehmend geringen Stromdichten und vorsichtigem Ein- und Ausschleichen (Brenner, Erb, M. Meyer, Möbius, R. und E. Remak, Vigouroux). Nach Blackwood wirkt besonders die Appl. eines schw. galv. Str. mittels der elektr. Hand zw. den Scheiteln und im Nacken, sowie Farad. mit großflächigen feuchten Schwammelektroden in der Gegend des Plex. solaris und Elektromassage des ganzen Körpers, hesonders des Rückens mit der elektr. Hand (mit Ausnahme besonders empfindlicher Partien) mit sehr schw. Str. schlafbringend. Andere Symptome, wie Neuralgien, Anästhesicn, Paresen, Schwäche und Schmerzhaftigkeit der Beine, sexuelle Schwäche, Obstipation etc. werden speciell peripher symptomatisch hehandelt. Gegen Spinalirritation sind schwellende farad. Str. (Frommhold, E. Remak), farad. Pinselung des Rückens (Jewell) und loc. Frankl., nämlich elektr. Wind gegen das RM. geleitet (Ballet, Benedictow) indicirt. Hauptaugenmerk ist hei Behandlung Neurasthenischer auf die Verwendung schwacher Str. und kurzer Appl. zu richten, weil starke Str. durch Überreizung leicht directen Schaden verursachen.

Die Hypochondrie wird wohl nur wegen gewisser Symptome (Ohstipation, Störungen im Bereiche der Sexualorgane, Schlaflosigkeit, Kopfdruck, Angstanfällen etc.) Gegenstand elektr. Maßnahmen sein und werden diese nach allgem. Grundsätzen (wie bei der Neurasthenie) zu behandeln sein. Gegen das Grundleiden könnte man höchstens mittels der allgem. Elektrisatiou und elektr. Bäder vorgehen. Vorsicht und Anwendung der schwächsten Str. sind dringend zu empfehlen.

Bei der Hysterie erzielt die Elektrotherapie gleich jeder andern Behandlungsmethode gegehenenfalls Wundercuren oder aber Misserfolge. Gegen das Grundleiden kann man nur mit der allgem. und centr. Galv., allgem. Farad. und elektr. Bädern, stah. Galv. des Gehirns und Rückenmarks, Galv. a. H., sowie mit der Weir-Mitchell-Playfair'schen Methode (der vollständigen Absonderung der Kranken, ausgiehiger Massage, Überfütterung und Faradisation) vorgehen; Liehermeister will die Hysterie nur psychisch behandelt wissen und vindicirt selbst dem, gegen gewisse Symptome (Empfindungsanomalien, Lähmungen und Krämpfe) erfolgreich angewendeten Inductionsstr. nnr die Rolle eines Mittels auf die Kranken psychisch einzuwirken. Im speciellen wird die Elektrotherapie sich zumeist mit den einzeluen Symptomen zu hefassen hahen. Längs der Wirbelsäule lassen sich an Hysterischen fast ausnahmslos Druck-, sowie galv. Schmerzpunkte, zumal an den Dornfortsätzen der nntersten Hals-, sowie der Brustwirhel anffinden; auch an den Ovarien treten solche Schmerzpunkte auf (Ovarie) und lassen sich gelegentlich au ganz entfernten Körperstellen (z. B. am Pharynx oder Larynx) auffinden; häufig ruft ein nur leiser Druck auf diese Punkte einen hyster. (z. B. hysteroepilept.) Anfall hervor. Stah. Anodenhehandlung dieser Punkte heht in der Regel nicht nur den Schmerz, sondern anch die Möglichkeit, durch Druck auf dieselben, Anfälle auszulösen. Die Ovarie hehandelt Holst in der Weise, dass er die Ka stah. auf das schmerzende Ovarium, die An dagegen auf die Wirbelsäule setzt. Hyster. Neuralgien werden mittels schwellender farad. Str. (E. Remak) erfolgreich hehandelt. Einen Fall von Hysterie mit interm. Anfällen normalen Schlafs, neuralg. Schmerzen und Druckempfindlichkeit des 2. Brustwirbels hehandelte Armingaud mittels Farad. dieses schmerzhaften Wirbels, wodurch er sämmtliche Symptome beeinflusste und Heilung brachte. Die hyster. Anästhesien treten zumeist halhseitig auf als Hemianästhesien und wandern (nach Appl. des Magnets oder entsprechender Metallplatten etc.) zumeist auf die entgegengesetzte Seite (Transfert); gegen diese Zustände wird localisirte faradocutane Pinselnng (nach Vulpian), sowie die Frankl. in Form der Luftbäder (Ballet, Erh, Vigouroux) erfolgreich in Anwendnng gezogen. Hyster. Hemiplegien treten fast constant ohne Facialparesen auf (Charcot) und kommen auf der hemipleg. Seite gewöhnlich Anästhesien und Analgesien vor; Svetlin behandelte einen Fall von completer hyster. Hemiplegie mit Aphasie nnd Lidkrampf mittels stab. Galv. längs der Wirhelsäule durch 1 Min., lah. RNStr. und RMStr. an den erkrankten Extremitäten und Farad. der Lider mit günstigem Erfolge. Charcot erzielte in einem Falle hyster. (brachio-cruraler) Monoplegie mittels einmaliger Farad. der gelähmten Glieder complete Heilung. Hyster. Aphonie weicht gewöhnlich der loc. intrapharyngealen Farad.; Emminghaus verwendete hiegegen die stah. transv. occip. H. G. mit Erfolg. Hyster. Contracturen betreffen zumeist die Unterextremitäten und treten oft ganz plötzlich auf. Gleich den hyster. Paraplegien gehören sie zu den schwierigsten Aufgahen nicht nur für die Elektro-, sondern auch

jede andere Therapie. Mitnnter gelingt es, gegen diese Leiden mittels stab. abst. Galv. des RM. und der Nervenstämme der afficirten Extremität, Farad. derselben mittels feuchter Elektroden oder durch Anwendung schwacher continuirlicher Str. (Leloir) zum Ziele zu kommen. Der hyster. Globus wird mittels Galv. a. H., Galv. und Farad. des Halses und Pharynx oder vom Nacken zum Epigastrinm (Erb) erfolgreich behandelt. Die hyster. Obstipation weicht gewöhnlich einer method. Behandlung des Darmes mittels des farad. Str. und das hyster. Erbrechen der faradocutanen Pinselung der Magengrube (Erb). In einem Falle von hyster. Hemichorea mit sensitiver und sensorieller Anästhesie erzielte Merklen durch Anwendung des farad. Pinsels auf die anästhetischen Vorderarme schnelle Heilung. Gegen Hysteroepilepsie verwendete Feletti die farad. Moxe im Epigastrium als Gegenreiz mit Erfolg; außerdem ist noch (nach Richet und Roux) die Galv. und (nach Ballet, Charcot, Erlenmeyer und Vigouroux) die Frankl. von der Stirne zu einem anderen Körpertheil indicirt, und soll plötzliche Stromwendung (Erb) den Anfall coupiren. Die übrigen Symptome (vasomotor. Störungen, Schlaflosigkeit, Kopfdruck, Angstaufälle etc.) werden nach bekannten allgem. Grundsatzen behandelt. Nur ganz ausnahmsweise erzielt der Arzt, der das volle Vertrauen seiner Kranken genießt, mit der vorübergehenden Anwendung intensiver Str. eioen Erfolg, in der Regel jedoch sollen nur die geringsten Stromdichten hier in Anwendung kommen, da man im entgegengesetzten Falle sicher sein kann, das Leideu ungünstig zu beeinflussen. Ich erzielte bei Appl. des Str. am Kopfe, am Halse und an den Schmerzpunkteu mit den minimalsten Stromwerten (Elektrodenquerschnitt 10 cm^2, 4 Siemens Halske-Elemente bei Einschaltung eines Widerstandes von 400.000 Ohms, Stromstärke am Galvanometer $^1/_{100}$ M. A., somit Str. D = $^1/_{1000}$) noch Erfolge, während ich durch geringe Verstärkung der Stromintensität (auf $^2/_{100}$ M. A.) Verschlimmerung der Symptome beobachtete.

Die Epilepsie und Chorea magna sind wenig dankbare Objecte für die Elektrotherapie. Besonders hervortretende Symptome sind nach allgem. Regeln symptomatisch zu behandeln; gegen das Grundleiden wird allgem. Farad. und centr. Galv., sowie Galv. a. H. (Althaus, Benedikt, Neftel, E. Remak) empfohlen. Althaus sah von Galv. a. H. und transv. occip. H. G., Erb von diag. H. G. (von der Schläfe und Stirne der eineu Seite — An — zur entgegengesetzten Seite des Nackens — Ka — stab. mit schwachen Strömen beiderseits je $^1/_2$ Min.) und von loug. H. G. (An Stirn, Ka Nacken), sowie von der Galv. a. H. bei Epilepsie Erfolge. Benedikt empfiehlt gegen Epilepsie stab. Galv. der Wirbelsäule, des Kopfes und a. H., sowie an den Plex., bei Reflexepilepsie die Behandlung der periph. Nerven. X. Droeze empfiehlt bei corticaler Epilepsie die An als breite Schwammelektrode an die Stirn, die Ka an das Hinterhaupt zu appliciren und sodann langsam und unter gleichmäßigem Drucke beide Pole uach entgegengesetzten Seiten zu verschieben und allmählig auszuschleichen, um die Corticalsubstanz so viel als möglich unter den Einfluss der An, hingegen das vasomotor. Centrum (Pons und Oblong.) unter den Einflnss der Ka zu bringen. Bei gewöhnlicher Epilepsie räth er die entgegengesetzte Polstellung und will „bei der geringsten Veränderung der Psyche" die elektr. Behandlung unterbrochen wissen.

Die Basedow'sche Krankheit (ein Symptomencomplex, bestehend aus vermehrter Herzbewegung, Schwellung der Schilddrüse und Hervortreten der Augäpfel) lässt sich, zumal in ihreu Anfangsstadien hauptsächlich mit dem galv. Str. günstig beeinflussen und sind zahlreiche Heilungen dieses Leidens in der Literatur verzeichnet; ich selbst habe eine ganze Reihe recenter Fälle mit günstigem Erfolge behandelt. Die Basedow'sche Krankheit hat mit der vasomotor. Neurasthenie einige pathogene Beziehungen gemein (scheint — nach Erb — mit diesem Leiden sogar verwandt zu sein) und wird (gleich diesem) mittels allgem. Elektrisation und elektr. Bäder behandelt. In zweiter Richtung muss man bedacht seiu, das vasomotor. Centrum sowohl direct wie anch peripher zu beeinflussen und wird endlich in dritter Richtung symptomatisch vorzugehn haben. Das erstere erreicht man durch stab. Galv. a. H. (An Halswirbelsäule, Ka successive stationär vom Unterkieferwinkel bis zum Schlüsselbein — M. Meyer — oder An oberhalb der Inc. jug. sterni, Ka an das Gangl. supr. Symp. beiderseits — Chvostek — oder Ka an das Centrum ciliospinale an der Halswirbelsäule, An absatzweise vom Unterkieferwinkel längs des inneren Randes des Kopfnickers bis zum Sternum — Rockwell —), stab. und lab. aufst. Galv. des Cervicalmarks (An zw. den Schulterblättern oder eutsprechend dem 5. Brustwirbel, Ka successive vom Nacken längs der ganzen Wirbelsäule — Chvostek —), long., transv., temp. und occip., sowie diag. H. G., Anodeubehandlung des Plex. solaris am Bauche, Ka am Sternum (Rockwell); Katyschew faradisirt das obere Halsdreieck und nennt diese Methode Sympathicusfarad. (mit der er bei Morbus Basedowii Erfolge erzielt zu haben berichtet). Überhanpt wurde der Symp. für dieses Leiden direct verantwortlich gemacht, ohne dass eine

nähere anatom. Beziehung mit Sicherheit herzustellen gewesen wäre, wogegen hinwiederum thatsächlich die Galv. a. H. von zahlreichen Autoren mit dem günstigsten Erfolge hier in Anwendung gezogen wurde (so u. A. von Baumblatt, Benedikt, Chvostek, v. Dusch, Erb, Eulenburg, Gluzinski, Guttmann, Lewandowski, M. Meyer, R. und E. Remak, Rockwell, de Watteville etc). Symptomatisch behandelt man das Glotzauge, die Struma, das Herz und die fast constant vorhandenen schmerzhaften Wirbel, u. zw. mit stab. aufst. RStr. (An Lendenwirbelsäule, Ka an die schmerzhaften Wirbel); Galv. vom Gangl. supr. Symp. auf das geschlossene Auge (M. Meyer), oder vom Proc. mast zum geschlossenen Auge (de Watteville), oder mittels long. H. G. vom Nacken zu den geschlossenen Augenlidern (Erb); transv. Galv. durch die Struma mit öfterem Polwechsel; Farad. schmerzhafter Wirbel (Armingaud); Beeinflussung der Herzthätigkeit durch Galv. des Vagus und faradocutane Pinselung in der Herzgegend, sowie directe transv. Galv. des Herzens (quer durch den Brustkorb) und symptomat. Behandlung der etwa vorhandenen Augenmuskelparesen. Ausdauernde Behandlung führt gewöhnlich zum Ziele; wenn auch in manchen Fällen erst nach mehr denn 100 Sitzgn.; nur selten führen wenige Sitzgn. zu dauernden Erfolgen. Das Hauptaugenmerk ist auf schwache Str. (D. = $^1/_{40}$ — $^1/_{20}$) und kurze Applicationsdauer (die einzelnen Appl. durchschnittlich $^1/_2$ Min.), sowie auf vorsichtiges Ein- und Ausschleichen zu richten.

Chorea minor (und Dubini's Chorea electrica) werden erfolgreich, zumal mittels des galv. Str. behandelt: Galv. a. H., stab. Galv. des Cervicalmarks, Anodenbehandlung des Nackens (Bärwinkel, E. Remak und Richter), long. und transv., sowie diag. H. G. (An Stirn, Ka auf die contralaterale Nackenseite — Erb — oder getheilte An auf beide Scheitelregionen, Ka an die Hand oder auf den Rücken — O. Berger —), stab. und lab. aufst. RStr. (Benedikt, E. Remak, Weinberger), Anodenbehandlung der mitunter vorhandenen Druckschmerzpunkte längs der Wirbelsäule (M. Meyer, Rosenbach und Seifert); auch die centr. Galv. und allgem. Farad. (Beard), sowie die local. Frankl. (Benediktow, Stein) wurden hier erfolgreich in Anwendung gezogen. Duchenne berichtet über Erfolge bei periph. Farad. der Muskeln; Becquerel faradisirt die sensiblen Theile mit Erfolg. Althaus empfiehlt abwechselnde Galv. und Farad. der Extremitäten (in Verbindung mit gymnast. Übungen). Schwache Str., kurze Sitzgn. — sonst tritt Verschlimmerung ein.

Die Athetose tritt zumeist symptom. auf (z. B. nach Hammond posthemiplegisch) und muss dann zunächst der Causalindication genügt werden. Die seltenen Fälle, in denen dieses Leiden primär (idiopathisch) auftritt, werden mittels Galv. des Kopfes, Galv. a. H., centr. Galv., stab. An im Nacken, Ka indiff. (Gnauck, Gowers, E. Remak), abst. RStr. (E. Remak), sowie mittels abst. RMStr. (Gnauck) behandelt.

Schwindel (Vertigo) tritt zumeist als Symptom auf und muss zunächst der Causalindication genügt werden; symptom. wird Schwindel mittels Galv. a. H., Galv. und Farad. des Gehirns (Erb), zumal mittels der farad. Hand, sowie mittels faradocutaner Pinselung (nach Rumpf) behandelt.

Tremor ist auch zumeist nur Symptom anderer Erkrankungen; wo das Zittern im Vordergrunde steht, wird es mittels Galv. und Farad. des Centralnervensystems, Anodenbehandlung des Nackens, centr. Galv., periph. abst. Galv. der Extremitäten, allgem. Elektrisation und elektr. Bäder behandelt.

Der Starrkrampf (Tetanus) war auch gelegentlich Gegenstand elektr. Behandlung und wurden hier einige Erfolge erzielt, zumal von Mendel, der die An eines schwachen Str. auf die Antagonisten der tetanisch contrahirten Muskeln und die Ka auf die Wirbelsäule applicirte (Sitzungsdauer 15 Min.) Legros und Onimus verwenden zur Muskelerschlaffung die (nach Ranke) reflexhemmenden Wirkungen der abst. galv. RStr. (bei stundenlangen Sitzgn.) mit Erfolg.

Gegen Katalepsie und Eklampsie wurde hin und wieder die centr. Galv., die Galv. a. H., die long. und transv. H. G., die allgem. Elektr., elektr. Bäder, Farad. der Nervenstämme nnd faradocutane Pinselung im ganzen ohne erheblichen Erfolg versucht.

Die Tetanie (nach Corvisart eine allgem. Neurose, nach N. Weiss unter die Erkrankungen der grauen Substanz des RM. einzuordnen) höchst interessant dnrch die elektrodiagnost. Reactionen, wird mittels stab. Galv. des Cervicalmarks oder station. transv. Galv. des RM. oder stab. Galv. der Nervenstämme (Ka in allen diesen Fällen am Sternnm), sowie mittels stab. aufst. RStr. und RMStr. erfolgreich behandelt (O. Berger, Chvostek, Eisenlohr, Erb, Stich etc.). Wo stab. An nicht zum Ziele führt, versuche man es mit plötzlicher KÖ. (sonst aber immer vorsichtig ausschleichen) oder mit Farad. der Wirbelsäule mit großen feuchten Elektroden (nur ja nicht mit dem Pinsel).

Die coordinatorischen Beschäftigungsneurosen (Benedikt) bestehn in dem Unvermögen der Verrichtung einer bestimmten feinern Manipulation, zu welcher bestimmte Muskelgruppen der Extremitäten in regelmäßiger Weise zusammen-

arbeiten müssen, während andere feinere Beschäftigungen möglich sind und die rohe Kraft und Leistungsfähigkeit der Extremität völlig intact blieb. Diese Functionsstörung ist zunächst durch einen tonischen oder clonischen Krampf, später durch Parese und Atrophie der betreffenden Muskeln verursacht. Die bekannteste Form dieses Leidens ist der Schreibekrampf, obwohl bisher bereits über 30 verschiedene andere Arten desselben in der Literatur bekannt geworden sind, von denen hier nur der Clavier-, Violin- etc.-spielerkrampf (der Autoren), der Telegraphistenkrampf (Onimus), der Holzsägerkrampf (Poore, Weir-Mitchell), der Weberkrampf (Bonveret), der Tänzerinnenkrampf (K. Schulz) etc. erwähnt werden mögen. Die Therapie aller dieser Zustände wird nach gleichen Principien durchgeführt. Wo sich eine centr. oder periphere Ursache nachweisen lässt, muss selbstverständlich zunächst der Indicatio causalis genügt werden. M. Meyer fand mitunter Schmerzdruckpunkte (an der Wirbelsäule etc.) und erzielte durch stab. Anodenbehandlung derselben günstige Erfolge; sie kommen aber nicht immer vor. Hauptsache bleibt jedoch: Den ganzen motor. Apparat von der Hirnrinde bis zu den Muskeln (Erb) entsprechender elektr. Behandlung zu unterziehn, somit stab. long., transv. und diag. H. G., Galv. a. H., Galv. des Cervicalmarks, stab. aufst. und abst. RStr., stab, lab. und interm. RPlStr., RNStr., RMStr., PlNStr., PlMStr., NMStr.. u. zw. stab. mit der An in loco symptomatis bei der spastischen, interm. mit der Ka bei der paralyt. Form. So wird bei Schreibekrampf, wenn die Muskeln an der Streckseite des Vorderarms die Functionsstörung bedingen, der N. rad., bezw. die von ihm versorgten Muskeln, wenn jedoch die Affection vorwiegend die Beugeseite betrifft, die Nn. med. uln., sowie die von diesen versorgten Muskeln der elektr. Behandlung unterzogen. Außer der periph. Galv. empfiehlt Neftel noch die Farad. der Muskeln mittels feuchter Elektroden, u. zw. zunächst mit schwellenden Str. und wo dies nicht zum Ziele führt, Farad. der Muskeln mit starken aufst. tetanisirenden Str., von welcher Behandlung er ebenfalls schöne Erfolge gesehn haben will, indessen ist für die große Mehrzahl der einschlägigen Fälle nur ausschließlich die Anwendung schwacher Str. indicirt, weil sonst leicht Überreizung und Verschlimmerung des Leidens herbeigeführt werden könnte. Erb sah nach dem Tragen eines einfachen (Zink-Kupferplatten-) Elementes (nach Ciniselli) Erfolg. Poore bezeichnet als die vorzüglichste Therapie dieser Functionsstörungen die elektrisch-gymnastische Behandlung und bin ich eigener Erfahrungen zufolge ebenfalls entschieden der Ansicht, jede elektrotherapeut. Behandlung irgend einer Form dieser Neurosen stets mit entsprechenden gymnast. Übungen (z. B. nach Schott, Wolf etc.) zu verbinden. Erfolge erzielten hier u. A. Benedikt, Erb, Eiselein, Lewandowski, Neftel, Poore, E. Remak, de Watteville, Wilheim etc.

Paralysis agitans (Schüttellähmung), wahrscheinlich eine Hirnkrankheit soll in recenten Fällen ein günstiges Object für die Elektrotherapie abgeben — in veralteten ist sie es jedenfalls nicht. Indessen sind auch hier mehrfache Heilerfolge zu verzeichnen. Die Behandlung besteht in stab., long. (Erlenmeyer, E. Remak), transv., temp. (Mann, R. und E. Remak) und diag. H. G., Galv. a. H., Galv. des Cervicalmarks, stab. RStr., stab. Anodenbehandlung des Nackens (Eulenburg, Chéron, V. E. Ingria, E. Remak, Russel Reynolds), centr. Galv. (Beard), allgem. Elektr., u. zw. galv. Kathodenbädern, An im Nacken (Eulenburg), allgem. und loc. Frankl., nämlich Ladungen und Funkenentladungen (Ballet und Charcot).

Gegen die Landry-Kussmaul'sche aufst. allgem. Paralyse ist nach Eisenlohr, Kahler, Pick und E. Remak die Galv. längs der Wirbelsäule mit stab. Str. indicirt.

Auch bei Diabetes mellitus und insipidus soll die centr. Galv. (Beard), die Galv. a. H., die Galv. des Cervicalmarks (Althaus) die Anwendung eines contin. schwachen galv. Str. (2 Elemente) vom Nacken zur Leber (Lefort), Farad. der Nierengegend (Clubbe) oder Galv. von der Nierengegend zum Hypochondrium (Seidl) erfolgreich gewesen sein.

Elektrotherapie der Erkrankungen des Sympathicus, der vasomotorischen Neurosen und der Neurosen der Brustorgane.

Erregungs- und Lähmungszustände am Halssymp., deren Symptome bereits pag. 254 auseinandergesetzt wurden, werden entsprechend mittels Galv. a. H. oder Galv. des Cervicalmarks behandelt, je nachdem der Grenzstrang oder das Halsmark als der Sitz des Leidens erkannt wurde. Die differente Elektrode kommt hiebei als schmale

balkenförm. Schwammkappenelektrode längs der Innenseite des Kopfnickers auf den Grenzstrang, bzw. als weichgepolsterte Schwammelektrode an den Nacken, die indifferente Elektrode an's Sternum oder an eine Hand oder an die Füße. Bei Sympathicusreizung ist die An differente Elektrode und findet die stab. Galv. mit Ein- und Ausschleichen unter Anwendung großer Stromdichten ($^1/_8$—$^1/_6$) durch $1^1/_2$ — 2 Min. jederseits statt. Bei Sympathicuslähmung ist die Ka differenter Pol und werden bei schwachen Strömen (D. = $^1/_{28}$—$^1/_{18}$) in jeder Sitzung einige KSS. und V. A. ausgeführt.

Bei cutanen Angioneurosen kommt stab. Galv., sowie Farad. mit feuchten Elektroden wohl auch faradocutane Pinselung in Anwendung und gelten diesbezüglich folgende Grundsätze: Farad. mittels feuchter Elektroden und lab. und interm. Anwendung der galv. Ka auf die Nervencentra, Plexus und die Gefäße (selbst bei Benützung schwacher Str. und kurzer Stromdauer), V. A., sowie faradocutane Pinselung contralateral symmetrischer Partien (nach Rumpf) mit schwachen Str. verengern die Gefäße; längere Farad. mit starken Str. und Appl. der An auf die Nervencentra, Plexus und Gefäße, sowie energische faradocutane Pinselung rufen Gefäßerweiterung hervor.

In einem Falle von cutanem Angiospasmus der obern Extremitäten wandte Nothnagel die stab. Galv. (An Plex. brach., Ka Nacken) stab. durch 3—5 Min. an und erzielte Heilung, während er vorher die faradocutane Pinselung ganz ohne Erfolg versucht hatte.

In einem Falle von Venenspasmus applicirte Raynaud die An an den 5. Halswirbel, die Ka an den letzten Lendenwirbel oder an das Kreuzbein stab. mit Erfolg.

Bei vasomotor. Krämpfen verwendete M. Meyer vortheilhaft die Galv. a. H. (Ka Gangl. cerv. supr., An auf die contralaterale Seite des Nackens über dem 5. bis 7. Halswirbel). Sofort trat Nachlass des Krampfes, der Schmerzen, der Spannung und Gefühl der Erleichterung in den ergriffenen Gefäßen ein.

In einem Falle von Erythromelalgie an den Fingern (Angioparalyse) erzielte ich durch interm. Appl. der galv. Ka an die betreffenden Finger, sowie durch faradocutane Pinselung der Streck- und Beugeseite des Vorderarms mit schwachen Str. nach 2 Sitzgn. Heilung.

Einen Fall von Hydrops articulorum intermittens behandelte Pierson mittels stab. und lab. Appl. der galv. Ka an den Nacken und das Lendenmark, sowie die Nn. crural. und ischiad. bei Anwendung schwacher Str. mit günstigem Erfolge.

Frostbeulen behandelte F. A. Hoffmann mit vorzüglichem Erfolge mittels Farad. der befallenen Stellen.

Sclerodermie behandelte Schwimmer mittels Galv. a. H. und Galv. des RM. mit günstigem Erfolge. Erb erzielte durch station. Galv. der Wirbelsäule mit alternirendem Polwechsel (vorzugsw. Beeinflussung der Cervical- und Lumbaranschwellung) durch Galv. a. H., sowie periphere interm. Galv. der Haut an allen ergriffenen Stellen (bis zur Hautröthung) subjectiv und objectiv evidente Erfolge.

Bei Angina pectoris vasomotor. erzielte Löwenfeld mittels aufst. Galv. a. H. (vom untersten zum obersten Halsganglion je 1 Min. jederseits) in 2 Fällen rasche Heilung; mittels Galv. a. H. und Galv. des Plex. brach. erzielte v. Hübner in 3 und Lustig in 2 Fällen dauernde Heilung; ich benützte hingegen die faradocutane Pinselung der Herzgegend mit Erfolg. De Watteville applicirt die An als breite Plattenelektrode stab. in der Präcordialgegend und führt (um das RM., den Symp. und Vag. zu erregen) die Ka unter gleichmäßigem Drucke vom Hinterhaupt zu beiden Seiten des Halses bis zur Inc. jug. sterni (bei Anwendung schwacher Ströme und kurzer Sitzgn.).

Nervöse Herzpalpitationen behandelte Duchenne erfolgreich mittels faradocutaner Pinselung der Präcordialgegend. Flies erzielte in 24 Fällen von Herzpalpitationen (5 mit organischem Herzfehler) mittels abst. Galv. a. H. und Galv. d. Vagus Erfolge. Zu gleichen Resultaten kam auch Erb durch Galv. a. H., Galv. des Cervicalmarks, Galv. vom Nacken, sowie von der Wirbelsäule zur Herzgegend.

Bei Asthma nervosum zieht Brenner die Galv. der Vagi (An im Nacken, Ka zw. Kehlkopf und Kopfnicker), Neftel die gleiche oder umgekehrte Polstellung, Schmitz die transv. Galv. a. H. (durch Aufsetzen der Elektroden zu beiden Seiten des

Schildknorpels am Innenrande des Kopfnickers), Bresgen, Schäffer und de Watteville die Farad. der Vagi (mittels feuchter Elektroden) am Unterkieferwinkel, die stab. Galv. des Cervicalmarks, sowie die Galvanofarad. (eine Elektrode fix am Hinterhaupt, die andere lab. vom Gangl. supr. Symp. bis zur Inc. jug. sterni 6—8 Min. beiderseits mit starken Strömen) mit Erfolg in Anwendung. Caspari brachte in einem Falle langjährigen Leidens durch stab. Application der Ka auf das Kreuzbein und langsamer Verschiebung der An längs der Wirbelsäule vom Nacken bis zur Lendengegend in 25 Sitzgn. (von 10—20 Min. Dauer) Heilung.

Bei Schwächezuständen des dilatirten hypertroph. Herzens ohne Klappenfehler hat v. Ziemssen durch transv. Galv. von der Vorderseite des Rumpfes zum Rücken in der Herzgegend und V. A. mittels starker Ströme mitunter Erfrischung der Herzthätigkeit erzielt.

Elektrotherapie der Erkrankungen der Muskeln und Gelenke.

Hier sollen die Erkrankungen der Bewegungsorgane, die nicht bereits in den früheren Abschnitten erörtert wurden, somit vorzugsweise die Localerkrankungen, u. zw. besonders die sogenannten idiopathischen, rheumatischen, traum. und aus Inactivität entstandenen besprochen werden. Die Elektrotherapie sucht womöglich in allen einschlägigen Fällen der Causalindication zu genügen, wird aber vorzugsweise der Functionsstörung direct ihr Augenmerk zuzuwenden haben und überall dort, wo das Wesen des Grundleidens noch zweifelhaft ist, sich darauf beschränken, die localen Entzündungserscheinungen und deren Folgezustände zu beseitigen. Da in vielen Fällen Entzündung, Schwellung und Exsudation die Ursache der Functionsstörung abgibt, werden die antiphlogistischen und resorbirenden (katalyt.) Wirkungen der Elektr., u. zw. direct mittels stab. Galv. mit Polwechsel, Farad. mittels feuchter Elektroden oder auf reflector. Wege durch faradocutane Pinselung etc. nach den bekannten Methoden in Anwendung zu bringen sein; gegen den zumeist auf einzelne Punkte beschränkten Schmerz werden die stab. Anodenbehandlung und schwellende farad. Str. mit Erfolg benützt. Um Muskelatrophien vorzubeugen, verwende man abst. interm. RNStr., RMStr., RPlStr., PlNStr., PlMStr. und NMStr. In manchen Fällen kommen noch Galv. des Gehirns und RM., Galv. a. H., Galv. des Cervicalmarks, centr. Galv., allgem. Elektrisation, elektr. Bäder, Frankl. etc. in Betracht.

Gegen Pseudohypertrophie der Muskeln ist centr. Galv., stab. galv. Behandlung der troph. Centra, Galv. a. H. und periphere loc. Behandlung indicirt. C. W. Müller behandelte ein 40 J. bestehendes Leiden mittels stab. Galv. diag. durch die Cervicalanschwellung von beiden Seiten aus und transv. von der Lumbaranschwellung zum Bauche (mit Str. D. $^{1}/_{18}$ durch 1 Min.) durch 5 J. bei 200 jährl. Sitzgn. mit günstigem Erfolge.

Muskelrheumatismen (Lumbago, Pleurodynie, Torticollis etc.) behandle ich, mit fast nie versagendem Erfolge, mittels faradocutaner Pinselung über dem erkrankten Muskel bis zur intensiven Hautröthung (nach Bedarf mitunter mehrmals im Tage). Erfolge gegen Muskelrheumatismen werden noch erzielt durch die directe Farad. der Muskeln mittels feuchter Elektroden und schwellender Str. (Frommhold, Gubler, Runge), durch die Anodenbehandlung der Schmerzpunkte (Remak's Cirkelstrom) mit einigen V. A. und KSS. am Schlusse jeder Sitzung (Erb, V. Poore).

Muskelatrophien nach Contusionen, Frakturen, Schussverletzungen, Luxationen, Gelenksaffectionen, Contentivverbänden, sowie infolge von Inactivität, werden in der Weise behandelt, dass die An des galv. Str. am motor. Punkte applicirt, die Ka lab. und interm. über den ganzen Muskel hin- und hergeführt wird. In gleicher Weise wird auch die Farad. mittels feuchter Elektroden, sowie die Galvanofarad., u. zw. zunächst an der Läsionsstelle, sodann an benachbarten Muskelmassen ausgeführt (E. Remak, de Watteville). R. Vigouroux benützt hiegegen loc. Frankl. mit Erfolg.

Muskelnarben und -Contracturen behandelt M. Meyer erfolgreich durch stab. Appl. der An auf die Narbe oder Contractur, während die Ka auf die gegenüber

liegende Seite aufgesetzt wird, mit schwachen Str. durch 3—5 Min. tägl. und erzielt Erweichung der Narbe, die geschmeidiger wird, Auflösung und Resorption der Exsudate, Lösung der Contractur. Die Narbe bildet schließlich eine Brücke, welche die Bewegungen zwischen den unterbrochenen Muskelbündeln nicht behindert, sondern vermittelt.

Gegen den typischen acuten Gelenksrheum. finden Joffroy und Weisflog die elektr. Behandlung nicht indicirt, während Erb und Bernhardt sie gegenüber der internen Behandlung mit Salicylpräparaten als umständlich erklären. Ich habe diese Anschauungen in einem Aufsatze: „Zur Elektrotherapie des acuten und chron. Gelenksrheum." [1]) widerlegt und dargethan, dass die elektr. Behandlung desselben weder schädlich oder überflüssig, noch umständlich sei. Froriep behandelte den acuten Gelenksrheum. mittels des Rotationsapparates mit Erfolg; des galv. Str. bedienten sich R. Remak, Frommhold u. A., des farad. Str. bei Anwendung feuchter Elektroden Drosdoff und Beetz und der faradocutanen Pinselung über den ergriffenen Gelenken Abramowski und Schwalbe mit dem besten Erfolg. Ich behandelte mittels faradocutaner Pinselung 75 Fälle [2]) und erzielte in allen befriedigende Resultate, nämlich unmittelbar nach der Pinselung sofortiges Nachlassen der Schmerzen und Beweglichkeit der Gelenke, ferner Sinken des Fiebers, Abkürzung der Krankheitsdauer und rasche Resorption der Exsudate. Die von mir geübte Methode besteht in Benützung einer feuchten Elektrode und eines Metallpinsels oder zweier Metallpinsel, die mit den Polen der Secundärspirale in Verbindung gesetzt, an die Haut des betreffenden Gelenks derart applicirt werden, dass die Verbindungslinie beider Pole immer durch das Gelenk geht, wobei der Pinsel stets rasch abgehoben und ebenso rasch auf eine benachbarte Partie aufgesetzt wird, so dass nach und nach (etwa innerhalb 1 Min.) die ganze Haut über dem entzündeten Gelenke bis zur mäßigen Röthung einem anfänglich schwachen und nur allmählig ansteigenden Str. ausgesetzt wird. Die Kranken geben an, während der Behandlung ein sehr angenehmes Gefühl, vergleichbar einem kühlenden Strom, der wohlthuend das Gelenk durchriesle, wahrzunehmen. Die faradocutane Pinselung erwies sich mir als ein Palliativ von fast nie versagender Wirkung; indessen habe ich auch die Farad. mittels feuchter Elektroden, sowie die stab. Galv. bei Behandlung des typ. acuten Gelenksrheumatismus mit Erfolg verwendet.

Der chron. Gelenksrheumatismus wird allgemein der Elektrotherapie, u. zw. sowohl der Galv. (R. Remak), wie auch der Farad. (Froriep) nach verschiedentlichen Methoden unterzogen. Ich benütze vorzugsweise die stab. Galv. mit Polwechsel zur Entfaltung der katalyt. Wirkungen, u. zw. applicire ich die wohlbefeuchteten Elektroden so zu beiden Seiten des Gelenks, dass die dichtesten Stromfäden durch dasselbe gehen und wechsle nach 1 Min. die Pole. In einer Sitzg. wird der Strom auf gleiche Weise in verschiedenen Richtungen durch das Gelenk geleitet und zum Schlusse die benachbarten Muskeln, sowie die größeren Nervenstämme, Gefäße und Lymphbahnen interm. mit der Ka behandelt. Frommhold empfiehlt auch örtliche Galv. und räth, wo Fluidisirung indicirt ist, die Ka zu appliciren. Mit dem galv. Str. erzielten noch Erfolge u. A.: Brachet, Chéron, Erb, Erdmann, Onimus, E. Remak, M. Rosenthal und C. W. Müller, der für den Durchschnitt der Fälle eine Stromdichte von $^1/_{18}$ empfiehlt, über die man bei Torpidität bis auf $^1/_6$ steigen kann, bei erethischen Erscheinungen aber bis auf $^1/_{35}$ herabgehen muss. Außerdem wurden noch erfolgreich benützt: Stabile Anodenbehandlung der Schmerzdruckpunkte (Lewandowski und M. Meyer), Galv. a. H. (M. Meyer), V. A. (Benedikt, M. Meyer, E. Remak), stab. Galv. von der Wirbelsäule zum Epigastrium (als ein wirksames Tonicum — Althaus), allgem. Elektrisation (Beard und Rockwell), elektr. Bäder (Barth, Bouillon-Lagrange, Lehr, Schweig), sowie Appl. des galv. Kathodenpinsels auf die Haut über dem ergriffenen Gelenke, um durch punktförmige Kauterisation reactiv einzuwirken (Seeligmüller, Böttger). Auch die Farad. mit feuchten und Metallelektroden (Pinsel) wurde mehrfach gegen chron. Gelenksrheum. mit Erfolg benützt (Bertrand, Erdmann, M. Rosenthal). Weisflog empfiehlt als sehr wirksam loc. farad. Bäder von $^1/_4$—1 Stunde (4—5mal tägl.) In der größten Mehrzahl der Fälle wird jedoch entweder abwechselnd in 1 Sitzg. die Galv. und Farad. (Althaus, Benedikt, Erb, Erdmann, Legros, Lewandowski, M. Meyer, Onimus, E. Remak etc). oder aber die Galvanofarad. (de Watteville) mit Erfolg benützt.

Selbst der Rheum. articul. chron. deformans, die Arthritis deform., Arthritis nodosa etc. wurden mehrfach mittels der Elektr. erfolgreich behandelt, u. zw. mittels loc. stab. Galv. und Polwechsel (Althaus, Chéron, Lewandowski, Moncorvo, Onimus, Poore etc.), mittels Galv. a. H. (Benedikt, Drissen,

---

[1]) Wr. Med. Pr. 1887, Nr. 14, 15 u. 16, sowie S.-A.

[2]) 4 davon sind in dem vorcitirten Aufsatze publicirt.

M. Meyer, R. und E. Remak, de Watteville etc.), sodann mittels Farad. (Cahen) und loc. farad. Bäder (Weisflog). De Watteville placirt die An stab. über jenes Rückensegment, von dessen zugehörigem Nerven der afficirte Körpertheil versorgt wird, und führt die Ka lab. über die betreffenden Nerven, Muskeln und Gelenke und verwendet überdies noch die Galv. längs der Wirbelsäule, die Galv. a. H., sowie die Appl. des galv. Kathodenpinsels (nach Seeligmüller) zur Erzielung punktförm. Hautschorfe mit Erfolg. Ich habe u. a. einen schweren Fall [1]) von deformirendem chron. Gelenksrheum. mittels stab. Galv. jedes befallenen Gelenks mit Polwechsel, stab. Anodenbehandlung der Schmerzpunkte, Galv. a. H. und längs der Wirbelsäule, sowie interm. abst. RNStr. und RMStr. durch 9 Mon. behandelt und einen glänzenden Erfolg (vollkommene Heilung) erzielt.

Selbst seröse und scropurulente Exsudationen in den Gelenken und Gelenkswassersucht weichen dem galv. Str., sobald die ersten Entzündungssymptome behoben sind. Die Therapie besteht in stab. Galv. mit Polwechsel (mittels welcher Methode Benedikt in 2 Sitzgn. einen hochgradigen beiderseitigen Hydrops genu et bursae mucosae patellae heilte), Galvanopunctur, V. A. (Frommhold) und Farad., sowohl mit feuchten, wie mit Pinselelektroden (Ball, Benedikt, Chvostek, Ciniselli, Karmin, Lange, Lewandowski, M. Meyer, R. Remak, Weisflog etc.).

Traumatische Gelenksentzündungen werden erfolgreich mittels stab. Galv. mit Polwechsel, Anodenbehandlung von Druckpunkten, Farad. mit feuchten Elektroden, faradocutaner Pinselung im Bereiche des erkrankten Gelenks, localer farad. Bäder, sowie mittels schwacher const. Str. behandelt. Ich behandelte u. a. einen schweren Fall einer traum. Kniegelenksentzündung bei einem Artillerie-Officier (B. v. B.), dem von namhaften Chirurgen die Amputation in Aussicht gestellt wurde und der vorher bereits verschiedentliche Curen durch 6 Mon. völlig erfolglos durchgemacht hatte, mittels stab. Galv. und Polwechsel, interm. Galv. der benachbarten Muskeln, sowie der Hauptnervenstämme der ganzen betreffenden Extremität, ferner mit stab. abst. Galv. des Lendenabschnittes des RM. und erzielte nach 6 Wochen einen ausgezeichneten Erfolg: Der betreffende Officier konnte nach dieser Zeit einrücken, avancirte seither und dient noch dermalen präsent. Groh applicirte bei einer Gonitis traum. mit bedeutendem Exsudate feuchte Elektroden zu beiden Seiten des Kniegelenks, befestigte sie daselbst mit Heftpflaster, verband sie mit 6 kl. Daniell-Elementen, ließ den Strom täglich durch 5—6 St. einwirken und erzielte nach 3 Tagen vollkommene Resorption und Wiederherstellung der Function des Gelenks.

Rheum. Contracturen und Pseudarthrosen lassen sich mittels stab. Galv. (R. Remak), sowie mittels V. A. (M. Meyer) lösen.

Traum. Periostosen (z. B. nach Schussverletzungen der Knochen) behandelt M. Meyer erfolgreich mittels Durchleitung eines stab. galv. Str. und Polwechsel (dagegen weichen chron. z. B. scrophulöse Periostosen dieser Behandlung nicht). In einem Falle von knochenhartem Callus infolge eines Bruches des l. Oberarmes nahe dem Gelenke, in welchem die Mm. flex. dig. comm., subl. und prof., sowie flex. poll. long. eingelagert und in ihrer Function vollständig behindert waren, legte M. Meyer die ganze Extremität auf eine entsprechend geformte große, mit dem einen Pole verbundene feuchte Plattenelektrode, während er den 2. Pol zunächst auf den N. med., sodann auf den Callus applicirte und V. A. ausführte, womit er in 118 Sitzgn. (während 7 Mon.) Lösung des Callus und Befreiung der Flexoren erzielte.

Ankylosen, Steifigkeit der Gelenke und periarthritische Schwellungen (z. B. nach traum. Einflüssen) behandelt M. Meyer mittels stab. Appl. der An, Chéron mittels stab. und lab. Einwirkung der Ka des galv. Str. mit Erfolg. Erb empfiehlt hiegegen die abwechselnde Appl. beider Pole, successive stab. und lab., in entgegengesetzter Richtung (zur Auslösung katalyt. Effecte).

Elektrotherapie der Erkrankungen drüsiger Organe.

Die chronischen Entzündungen und Schwellungen drüsiger Organe werden entweder mittels Appl. des elektr. Str. auf die unverletzte Haut (Elektrokatalyse) oder mittels Elektropunctur behandelt. Die meisten Erfolge werden hier mittels des galv. Str. bei alternirendem Polwechsel und Durchleiten des Stroms durch möglichst viele Durch-

[1]) Ausführlich beschrieben in meiner citirten Arbeit „Zur Elektrotherapie des acuten und chron. Gelenksrheumatismus".

messer der Geschwulst erzielt; in einigen Fällen erwies sich die kataphor. Durchleitung von Jod durch die Drüsengeschwülste (nach Beer etc.) von Nutzen. Aber auch der farad. Str. äußert katalyt. Wirkungen, zumal bei Appl. mittels feuchter Elektroden und häufigen gänzlichen Unterbrechungen und neuerlichen Schließungen des Stromes, wodurch M. Meyer eine förmliche Spaltung und Erweichung der Drüsengeschwülste erzielte. Mittels faradocutaner Pinselung im Bereiche vergrößerter Drüsen wurde des öftern auf reflector. Wege Resorption angebahnt. Bei Ausführung der Galvanopunctur wird die Kathodennadel in die Geschwulst eingestochen und die An als wohldurchfeuchtete Plattenelektrode in der Nähe auf die Haut applicirt.

Bei Behandlung von Lymphdrüsenschwellungen wurden mittels der Frankl. Galv. u. Farad. zahlreiche Erfolge erzielt (so u. A. von Boulu, Chvostek, Duchenne, Frommhold, Lewandowski, Massé, Mauduyt, M. Meyer, R. Remak, Sigaud de la Fond, Wilheim etc.). So behandelten beispielsweise Boulu eine Parotisgeschwulst (mittels des Rotationsapparats), Duchenne 2 Lymphdrüsengeschwülste am Halse (mittels faradocutaner Pinselung), M. Meyer eine hühnereigroße harte (seit 3 J. bestehende) Geschwulst am Halse in 60 Sitzgn. (mittels cutaner Farad.) mit günstigem Erfolge. Durch häufiges Schließen und Unterbrechen eines intensiven farad. Str. reducirte M. Meyer eine kopfgroße steinharte (zw. Kopf und Schulterblatt gelagerte) Geschwulst (die ihm von Langenbeck zur Behandlung überwiesen wurde) in 273 Sitzgn. von 1—$1^1/_2$ St. Dauer innerhalb 3er Jahre bis auf einen kleinen Rest. Frommhold hat eine taubeneigroße Geschwulst an der Seite des Halses (die vorher nach verschiedenen Methoden während 3er Jahre erfolglos behandelt wurde) mittels stab. Galv. und Polwechsel innerhalb 7 Wochen (bei tägl. Sitzgn.) zur Heilung gebracht. Mittels der Elektropunctur hat Demarquay eine harte hühnereigroße Geschwulst der Submaxillardrüse in 12 Sitzgn. zur Heilung gebracht. Er stach in die Geschwulst die Kathodennadel ein und applicirte die An als Schwammkappenelektrode in der Nähe auf die Haut; in einem andern Falle stach er 3—4 Nadeln unter rechtem Winkel in die Geschwulst ein und verband diese abwechselnd mit je einem Batteriepole. Scoutetten beseitigte nach derselben Methode eine hühnereigroße Geschwulst am Halse. Scrophulöse Drüsentumoren behandelt Clemens nach folgender Methode: Mit einer Pravaz'schen Spritze macht er eine Jodinjection in den Drüsentumor und führt sofort eine vergoldete Nadel als An eines galv. Str. in den Stichcanal ein, während er die Ka als feuchte Schwammelektrode in der Nähe auf die Haut applicirt. Auch die schwachen const. Str. (Ciniselli) wurden hier und da mit Erfolg benützt.

Struma lymphatica, parenchymatosa u. varicosa wurden mehrfach mittels feuchter Schwammkappenelektroden und Polwechsel bei Anwendung des galv., mitunter auch des farad. Str. elektrokatalyt. mit dauerndem Erfolg behandelt. Zumal im Aufange der Behandlung tritt eine rasche Verkleinerung ein; bei manchen Fällen schreitet sodann diese Verkleinerung progressiv fort, bei andern jedoch bleibt sie auf dieser Stufe stehen. Bei cystischen Strumen dagegen und mitunter auch bei varicösen kann nur die Acupunctur (mit Kathodennadeln) zum Ziele führen. Tritt in der Behandlung ein Stillstand ein, so wechsle man die Methode und Stromart. Durch Katalyse erzielten bei Strumen Althans 38%, Bruns 15%, Chvostek und ich im Durchschnitt je 15% Heilungen. Gherini brachte einen Cystenkropf durch Elektropunctur in 3 Mon. zur Heilung; in einem andern Falle genügten 4 Applicationen. Außerdem erzielten bei Kröpfen noch Erfolge: Demarquay, Duchenne, Frommhold, Groh, Legros u. Onimus, Mackenzie, M. Meyer, Picot, R. Remak, Scoutetten, Sigaud de la Fond.

Milztumoren wurden vielfach von verschiedenen Autoren mittels des farad. Str. bei Anwendung feuchter Elektroden oder auf reflector. Wege durch faradocutane Pinselung der Milzgegend dauernd reducirt und konnte der Erfolg von Sitzg. zu Sitzg. percussorisch genau nachgewiesen werden. Die meisten Beobachter nahmen unter einem auch einen deutlichen günstigen Einfluss auf den Typus und Verlauf der Wechselfieberparoxysmen wahr, sahen sogar gelegentlich Eiweiß im Harne und Hydrops bei localer percutaner Faradisation der Milzgegend schwinden. So erzielten u. A. Erfolge: Kums (1855), Broers (1858), Holsbéek (1862), Vizioli (1866), der drei hartnäckige, von langer Chinindarreichung völlig unbeeinflusste Milztumoren mittels Farad. heilte, Fieber (1869), der gemeinsam mit Lumerstorfer durch loc. Farad. mit feuchten Elektroden und Galv. a. H. Milztumoren und Wechselfieberanfälle zum Schwinden

brachte, Chvostek (1869 u. 1870), der durch faradocutane Pinselung in 12 Fällen vollkommene Heilnng, in 4 Fällen partielle Reduction des Milztumors erzielte, Botkin, Bogomoloff und Drosdoff (1874), Skorczewsky (1876), der in einer äußerst exacten Arbeit seine Erfolge der Farad. der Milz mittels feuchter Elektroden behandelte, Tschulowski (1868), Chvostek (1879), der in 9 weiteren Fällen chron. Milztnmoren, gegen die Chinin selbst in großen Dosen nichts ausrichten konnte, mittels faradocutaner Pinselung heilte und Lewandowski (1880), der nach Chvostek's Methode 21 Milztumoren behandelte, 17 davon mit vollständigem, 4 mit partiellem Erfolg. Außerdem erzielten noch günstige Resultate: Grigoriew, Mader, Musikantow, Popow, Schröder etc. Gleichzeitige Chinindarreichung unterstützt die elektr. Behandlung, u. zw. mehr bei acuten als bei chron. Milztumoren. Auch bei leukämischen Milztumoren wurden durch Farad. der Milzgegend schöne Erfolge erzielt (Berger, Botkin).

Elektrotherapie der Erkrankungen der Abdominalorgane.

Lähmungen, Krämpfe und Neuralgien der Speiseröhre, des Magens und des Darmes werden nach bekannten Regeln behandelt. Bei genauer Localisation des Leidens wird man auch gewöhnlich von der Einführnng der Elektroden in die Speiseröhre und den Magen absehen und die innere Polapplication erfolgreich durch die äußere ersetzen können. Auf den Darm (mit Ausnahme seines untersten Theils) kann man auch nur von den Bauchdecken aus und zumeist nur auf reflector. Wege einwirken. Die glatten Muskeln dieser Hohlorgane ziehen sich wie pag. 257 erwähnt, auf den elektr. Reiz derartig zusammen, dass sie (den unter normalen Verhältnissen erfolgenden ähnliche) peristaltische Bewegungen des Verdauungstractes veranlassen, deren Intensität bis zu einem gewissen Grade der Intensität des zur Wirkung gelangenden Str. entspricht. Hiedurch lässt sich vor allem andern der Darminhalt fortbewegen, hartnäckige Obstipation und Koprostase heben und die patholog. Lagerung einzelner Darmpartien (Invagination, Volvulus, Hernien) in ihre normale Stellung überführen; weiters aber äußert die Elektr. außer den erregenden Wirkungen auf die Muskeln auch noch modificirende Wirkungen auf die Nerven, sowie vasomotor. und kataphor. (katalyt.) Wirkungen auf die durchströmten Gewebe und fördert hiedurch die Allgemeinernährung, hebt den Kräftezustand und bringt patholog. Ergüsse (Ascites) zur Resorption. Zur percutanen Polappl. müssen große Elektroden verwendet werden; als das kräftigste Anregungsmittel für organ. Muskeln empfiehlt de Watteville die Galvanofarad. mittels feuchter Elektroden.

Gegen nervöses Sodbrennen benützte Brenner die Galv. des Vagus (Ka zw. Kehlkopf und Kopfnicker, An im Nacken) durch 3 Min. mit einigen Unterbrechungen mit Erfolg.

Nervöses (reflector.) Erbrechen wurde mehrseitig, sowohl mittels des galv. wie mittels des farad. Str. mit Erfolg behandelt. Semmola benützte die stab. Galv. vom Hals zur Magengegend in 20 Fällen nervösen Erbrechens mit glänzendem Erfolge; oft hörte das Erbrechen schon nach einer einzigen Sitzg. auf. Semmola empfiehlt diese Methode, abgesehen von ihrem therapeutischen Wert auch noch als diagnost. Hilfsmittel zur Unterscheidung, ob gegebenenfalls das Erbrechen nur reflector. (nervös) oder von einer Veränderung der Magenschleimhaut herrühre. Indessen führt bei nervösem Erbrechen auch Farad. vom Rücken oder Nacken zum Epigastrium (Lente) oder bei Appl. beider Pole auf die Magengegend (Popper) zum Ziele. S. empfiehlt noch die Galv. a. H. und Galv. des Halsmarks zur Erregung des Vagus, Symp., Phren., sowie der nervösen Centra in der Oblongata. De Watteville applicirt die eine Elektrode ins Epigastrium, die andere in die Hinterhauptgegend durch 3—5 Min. stab. und verschiebt sie sodann allmählig in die Unterkiefergrube und zu beiden Seiten der Luftröhre, an welcher Stelle dieselbe ebenfalls durch circa 3 Min.

stab. gehalten wird. Nach Ausschleichen des Stroms wechselt er die Pole und macht nun denselben Weg mit der andern Elektrode.

Bei Gastralgie (Cardialgie, Gastrodynie) applicire man die galv. An in die Magengrube, die Ka gegenüber auf die Wirbelsäule stab. (mit Ein- und Ausschleichen); die Elektroden müssen möglichst groß sein. Führt die stab. Appl. nicht zum Ziele, so benütze man die auf der Wirbelsäule postirte Elektrode lab. und versuche noch, die entgegengesetzte Polstellung, sowie die centr. Galv. nach Beard.

Nervöse Dyspepsie wird symptomatisch mit beiden Stromarten behandelt. Ist sie Theilerscheinung der Neurasthenie, so wird diese zunächst einer entsprechenden Therapie unterzogen; kommt sie mit allgem. nervöser Schwäche vereint vor, so sind allgem. Farad., sowie elektr. Bäder indicirt. Auch die Galv. a. H., Galv. des Halsmarks, der Wirbelsäule, sowie die centr Galv. werden mehrseitig empfohlen. Local wird die Dyspepsie in der Weise behandelt, dass die galv. An in der Gegend der bei Druck empfindlichen Bauchplexus ins Epigastrium tief eingedrückt und die Ka gegenüber auf der Wirbelsäule stab. (mit Ein- und Ausschleichen) applicirt wird, mittels welcher Methode Burkart und Leube, letzterer auch mittels Farad. bei gleicher Polstellung Erfolge erzielt haben. Stein benützt den farad. Str. quer durch den Bauch von einem Hypochondrium zum andern mit großen Elektroden mit glänzendem Erfolge. Auch Kussmaul und Fr. Richter haben nach dieser Methode günstige Erfolge erzielt. Mir leistete die Galvanofarad. mit sehr großen Elektroden bei der gleichen Polappl., sowie die centr. Galv. (Beard) gute Dienste.

Atonie und Erweiterung des Magens, gewöhnlich begleitet von Abnahme der Magensecretion (Flatuleuz), behandelt man in der Weise, dass man entweder direct von der Magenschleimhaut aus (nach Einführung der Mageneelektrode in den mit Wasser gefüllten Magen — Duchenne, Kussmaul), oder percutan von den Bauchdecken und vom Rücken aus möglichst energische Contractionen des Magens auszulösen sucht. Onimus und Leube benützen hiezu mit Erfolg den galv. Str. (und appliciren die Pole einerseits am Rücken und Epigastrium und andererseits an der großen und kleinen Curvatur des Magens). Erb empfiehlt zu diesem Zwecke eine große Elektrode als An am Rücken dicht neben den Dornfortsätzen, links in der Höhe der Cardia aufzusetzen und die Ka labil über dem Magen zu appliciren. De Watteville empfiehlt die eine Elektrode am Rücken, die andere successive über die ganze Magenfläche zu führen und 30—40 Contractionen der Magenwand (deren jede 15—20 Sec. dauern soll) mittels V. A. auszulösen. Duchenne und Kussmaul verwenden den farad. Str. und geben an, bei Einführung einer Magenelektrode und Appl. des 2. Pols auf der Bauchwand günstigere Erfolge zu erzielen als bei percutaner Appl. beider Pole. Fürstner applicirt bei hyster. Magenectasien die farad. An in das linke Hypochondrium und bewegt die Ka (interm. bei Anwendung kräftiger Str.) von der Magengegend gegen den Pylorus. Bei Magendilatation, infolge chron. Magencatarrhs benutzen Neftel, Oka und Harada ebenfalls den farad Str. mit Erfolg, u. zw. der erste an- und abschwellende farad. Str. kurzer Dauer durch 15—20 verschiedene Magendurchmesser, wogegen die letzten 2 etwa 10 Min. vor der Hauptmahlzeit die farad. An in der Gegend der Cardia appliciren und die Ka absatzweise an verschiedenen Stellen in der Magengegend auf die Bauchwand drücken. Steinitz sah von percutaner Magenfarad. Erfolge bei Magenausdehnung infolge Ulcus ventriculi. Andere Autoren empfehlen die successive Appl. beider Stromarten, wogegen Erb, E. Remak und de Watteville die Galvanofarad. vorziehen. Auch stab. Galv. a. H., Galv. des Vag. und Splanchnicus wurden hier empfohlen.

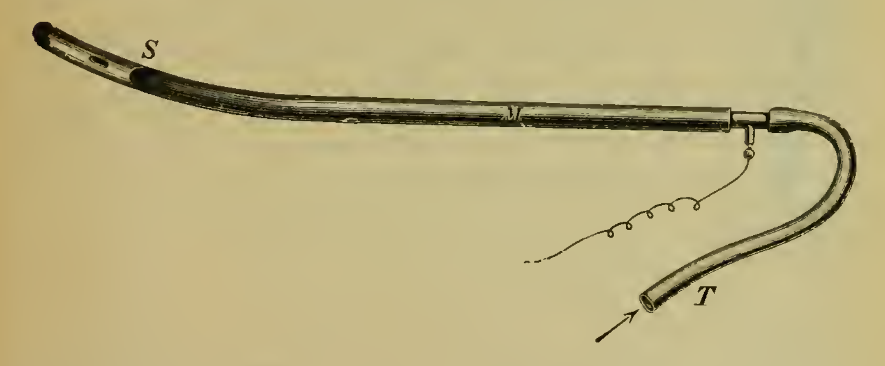
Die Behandlung der Abdominalneuralgie (Enteralgie, Kolik) wurde zum Theile bereits (bei der Therapie der Neuralgien) besprochen; sie besteht vorzugsweise in stab. transv. Galv. des Abdomens (vom Rücken zum Bauch oder auch umgekehrt, wohl auch mit V. A.). Aber auch Farad. des Abdomens und Darms allein oder abwechselnd mit lab. Galv. führt zum Ziele (J. Simon).

Die nervöse Enteropathie wird gerade so wie die nervöse Dyspepsie behandelt (Burkart, Erb, Fr. Richter, Stein).

Darmocclusion (absolute Obstipation, Obstruction) infolge Atonie und Parese der Darmmuscularis und hiedurch bedingter Koprostase, wohl auch infolge von Darminvagination und (Volvulus), mitunter begleitet von bedrohlichen Erscheinungen (Meteorismus, Ileus, Collaps) wird nach verschiedenen Methoden mittels abdominorectaler Farad., Galv. oder Galvanofarad. mit Erfolg behandelt. Die gebräuchlichste Methode besteht darin, die eine Elektrode in den Anus einzuführen, die andere am Abdomen längs des Colon ascendens transv., descendens und S romanum unter kräftigem Druck bei Anwendung eines intensiven farad. Str. zu bewegen. Nach dieser Methode erzielte Finny (in Dublin) bei Ileus (wahrscheinlich infolge Paralyse

eines Theiles der Darmmusculatur, hervorgerufen durch eine reichliche Dosis von Bittersalz), der durch 6 Tage mit allerhand Mitteln resultatlos behandelt wurde (bei Anwendung eines Magneto-Inductionsapparates), schon nach der 1. Sitzg. einen glänzenden Erfolg. Auch Bogdán erzielte mittels obiger Methode in einem Falle von Ileus mit hochgrad. Collaps, wahrscheinlich infolge von Intussusception schon nach einer einzigen Sitzg. vollständige Heilung. Desgleichen kam auch O. Hofmann in einem Falle von Ileus (infolge von Lähmung der Darmmusculatur nach Typhlitis stercoralis) schon nach der 1. Sitzg. zum gewünschten Resultate. J. Simon verband obige Methode mit abwechselnder lab. Galv. und erzielte hiedurch in einem Falle von Ileus (begleitet von heftiger Kolik) nach 2 durch 3 Stunden von einander getrennten Sitzgn. von je 20 M. Heilung. Der obigen Methode bedienten sich noch mit Erfolg: Ballouhey, Bolley, Bucquoy, Chouet, Curci, Czernicki, Donavan, Duchenne, Giommi, Lewandowski, Mancini, Santopadre, Scarpari etc. Whartson benützt den galv. Str., applicirt den einen Pol ins Rectum, den andern in die Coecalgegend und führt während 10 Min. häufige Wendungen aus (mit Erfolg); Clemens applicirt bei Volvulus auf die Stelle, wo er die Störung vermuthet, eine mehrfach zusammengelegte, in Salzwasser getauchte Compresse und placirt darauf eine mehrere cm^2 große blanke Plattenelektrode, führt den 2. Pol in den Mastdarm ein und benützt V. A. (ebenfalls mit Erfolg). Onimus bedient sich eines complicirten Verfahrens Er sendet der abdominorectalen Farad. eine percutane lab. Galv. (An auf dem Abdomen möglichst nahe der Occlusionsstelle, Ka im Rectum) voraus und beschließt die Tour ebenfalls mit der Galv. (bei derselben Polstellung) unter Anwendung V. A., welchen Vorgang er in einer

Fig. 168.



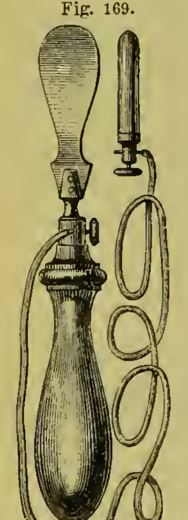
Sitzg. mehrmals wiederholt. De Watteville sah Erfolg von der abdominorectalen Galvanofarad. Boudet de Pâris führt die Ka als Mandrin (*M*, Fig. 168) einer dicken (katheterförmigen) Gummisonde (*S*) möglichst hoch in den Mastdarm ein, verbindet den Kautschukschlauch *T* mit einem Irrigator und lässt etwa 1 *l* Salzwasser in den Darm treten, während er die An (als Plattenelektrode von 400 cm^2 wirksamer Fläche) auf den Rücken applicirt und einen Str. von 10—50 M. A., 5—10 Min. lang entweder stab. durchfließen lässt oder V. A. mit eingeschalteten Pausen ausführt, mittels welcher Methode sowohl er, wie auch Rapin u. A. günstige Erfolge erzielten. Boucquoy benützte nach derselben Methode den farad. Str. bei Darminvagination ebenfalls mit günstigem Resultate. — C. Neumann applicirt bei Darmverschließung die eine Elektrode auf die Speiseröhre, die andere in die obere Bauchgegend und verwendet einen kräftigen farad. Str. mit Erfolg.

Die habituelle Constipation (chron. Obstipation) infolge chron. Atonie des Darmes, sowie als Symptom verschiedener Krankheiten wird ebenfalls nach mehrfachen Methoden mittels des farad. und galv. Str. mit Erfolg behandelt. — Die gebräuchlichsten Applicationsweisen bestehen in Folgendem: Man placirt entweder beide Elektroden auf das Abdomen, oder die An auf die Lendenwirbelsäule und die Ka auf die Bauchdecken. In beiden Fällen wird die Ka (von 50—70 cm^2) unter starkem Druck theils stab., theils lab. verwendet, indem sie zunächst in der Coecalgegend, sodann in der linken Iliacalgegend stab. gehalten, hierauf entsprechend dem Colon ascendens, transv. und descendens verschoben und außerdem noch über dem Magen in Kreistouren geführt wird, wobei während der Sitzg. von 10—20 Min. (bei Anwendung des farad. oder galv. Str.) häufige Stromunterbrechungen und Stromwendungen ausgeführt werden.

Kräftigere Wirkungen erzielt man durch Einführung der An (6—10 *cm* tief) in den After und Appl. der Ka, wie vorher am Bauche (bei Ausführung häufiger Stromwendungen und Unterbrechungen) je nach Bedarf durch 3—10 Min. (und Benützung des farad. oder galv. Str.). Erb findet die vorhergehende Galv. und nachfolgende Farad. wirksamer als die alleinige Farad. – In vielen Fällen empfiehlt sich bei den gleichen Polstellungen die Galvanofarad. Nach diesen Methoden erzielten u. A. v. Basch, Benedikt, J. M. Bloch, Bouland, Cumming, Curci, Erb, Fubini, M. Giommi, Günther, Lewandowski, Massé, E. Remak, Scarpari, Stein günstige Resultate.

Blackwood benützt ein galv. Suppositorium (Fig. 169), das aus einem conischen Zinkstift — als Anuselektrode (die eventuell nach einer Salzwasserinjection eingeführt wird) — und einer mit diesem durch eine isolirte Leitungsschnur verbundenen spatelförmigen Silberplatte — als Zungenelektrode — besteht und sah von der Appl. desselben 1/4 Stunde früh und abends günstige Erfolge. Hünerfauth verbindet die Farad. mit Massage, Lehr verwendet farad. Bäder (beide mit Erfolg). Ich benutzte die Soudenelektrode Dr. Boudet's, Fig. 168, als Anuselektrode und erzielte bei Verwendung des farad. Str., sowie bei Anwendung der Galvanofarad., selbst in schweren Fällen, recht günstige Erfolge.

Fig. 169.



Bauchfarad. kann durch Erzeugung von Abdominalplethora infolge Lähmung der Darmgefäße, sowie durch Reizung der peripheren Enden der Nn. splanchnici und den hiedurch bewirkten Herzstillstand Syncope erzeugen (v. Basch), daher diesfalls Vorsicht dringend empfohlen werden muss; tritt die Constipation als Symptom einer Peritonitis auf, so darf nicht elektrisirt werden

Einen Fall von Icterus catarrhalis von 10monatl. Dauer, gegen welchen alle nur denkbaren Medicationen, Trink- und Badecuren erfolglos in Anwendung gezogen worden waren, behandelte Ad. Wilhelm nach Gerhard's Vorschlag mit schwellenden Strömen eines grobschlägigen Inductiousapparates, indem er den einen Pol an die untere Leberfläche in die Gallenblasengegend, den andern rechts neben der Wirbelsäule applicirte und erzielte nach 10 Sitzgn. (von 8—10 Min.) einen glänzenden Erfolg.

Pfortadercongestionen behandelte de Watteville erfolgreich mittels der Galvanofarad. bei Appl. beider Pole in der Lebergegend oder eines Pols über der Leber des andern gegenüber an der Wirbelsäule.

Incarcerirte Hernien wurden durch percutane Farad. (von Braustein, Rosenhardt, Supruveuko, v. Ziemssen etc.) reponirt. Clemens führt den einen Pol des farad. Str. als Anuselektrode ein und applicirt den andern Pol auf die Hernie selbst oder benützt statt des letzteren noch besser die elektr. Hand zur Reposition des Bruches. Auch von der Frankl. sah Clemens Erfolge, u. zw. von folgender Methode: der eine Conductor wird mit der feuchten Nackenplatte verbunden, der andere geht in eine Spitze aus, die gegen die Hernie gerichtet ist, bei welcher Elektrodenstellung er zunächst durch einige Min. einen kräftigen Büschelstr. und hierauf einen intensiven Funkenstr. gegen die Hernie leitet.

Ascites infolge verschiedentlicher Grundleiden behandelt u. A. Alvarenga, Glax, Popow, Sigrist, Solfanelli etc. mittels energ Bauchfarad. mit günstigem Erfolge.

Prolapsus ani, sowie Paresis sphinct. ani ex atonia sind häufig Symptome verschiedener Spinalleiden, in welchen Fällen zunächst der Causalindication genügt werden muss. Die locale Behandlung dieser Zustände besteht in stab., lab. und interm. Galv., sowie Anwendung von V. A. bei Einführung einer Elektrode in den Mastdarm und Appl. der 2. an die Unterbauchgegend oder die Kreuzwirbelsäule, wohl auch in percutaner Galv. vom Kreuzbein zum Perineum; bei der gleichen Polstellung kann auch der farad. Str. oder die Galvanofarad. benützt werden, mittels welcher Methode Duchenne und Erdmann günstige Erfolge erzielten.

Elektrotherapie der Erkrankungen der Urogenitalapparate nebst der Anwendung der Elektricität in der Geburtshilfe.

Von den Erkrankungen der Urogenitalapparate eignen sich für die Elektrotherapie selbstverständlich nur die rein symptomatischen, sowie die Folgezustände verschiedentlicher cerebraler, spinaler und localer

Erkrankungen, nicht aber etwa die acut entzündlichen oder specifischen Leiden dieser Organe selbst. Gegen die Neuralgien, Krämpfe, Anästhesien und Lähmungen, die hier so ziemlich die Mehrzahl der elektrotherapeutisch zu behandelnden Fälle ausmachen dürften, kommen die modificirenden, beziehungsweise die erregenden Wirkungen der Elektr. in Anwendung; gegen Hypertrophien und Hyperplasien benützt man die katalyt. Wirkungen der Elektr. nach bekannten Grundsätzen. In erster Richtung muss jedoch der Causalindication entsprochen und das die periphere Läsion veranlassende Grundleiden (im Gehirn oder Rückenmark) zunächst entsprechender Behandlung unterzogen werden; bei allgem. Schwäche sind elektr. Bäder und allgem. Elektrisation indicirt. Aber auch bei rein localer Behandlung muss das nutritive Centrum dieser Organe (Lendenmark) in die Behandlung miteinbezogen werden. Der zu erwartende Erfolg hängt daher in 1. Richtung von dem veranlassenden Grundleiden ab und wird gegebenenfalls dieselbe periphere Störung das einemal günstig beeinflusst werden können, das anderemal jeder Behandlung trotzen. Auch wird es nicht angehn können, eine und dieselbe Methode schablonenhaft gegen dieselbe periphere Läsion in Anwendung zu ziehn, sondern es wird vielmehr die Methode jederzeit dem Behandlungsplane, der zunächst auf das veranlassende Grundleiden Rücksicht zu nehmen haben wird, anzupassen sein. So wird z. B. bei manchen Blasenlähmungen eine einzige oder wenige Sitzgn. zum Ziele führen, wo aber die Blasenlähmung Folgezustand einer transversalen Myelitis oder sonstigen diffusen Rückenmarkserkrankung ist, wird jede, somit auch die elektr. Behandlung nutzlos bleiben müssen.

In der Gynäkologie benützt man bei Menstruationsanomalien die reflector. Wirkungen der Elektr., die sich hier bekanntlich selbst von entfernten Körpertheilen aus äußern, und zieht bei Lagenveränderungen des Uterus die erregenden Wirkungen der Elektr. in Anwendung. In der Geburtshilfe werden vorzugsweise die erregenden Wirkungen der Elektr. zur Verstärkung der normalen Contractionen des Uterus oder zur Blutstillung, sowie die secretor. Wirkungen der Elektr. beispielsweise zur Anregung der Milchsecretion herangezogen.

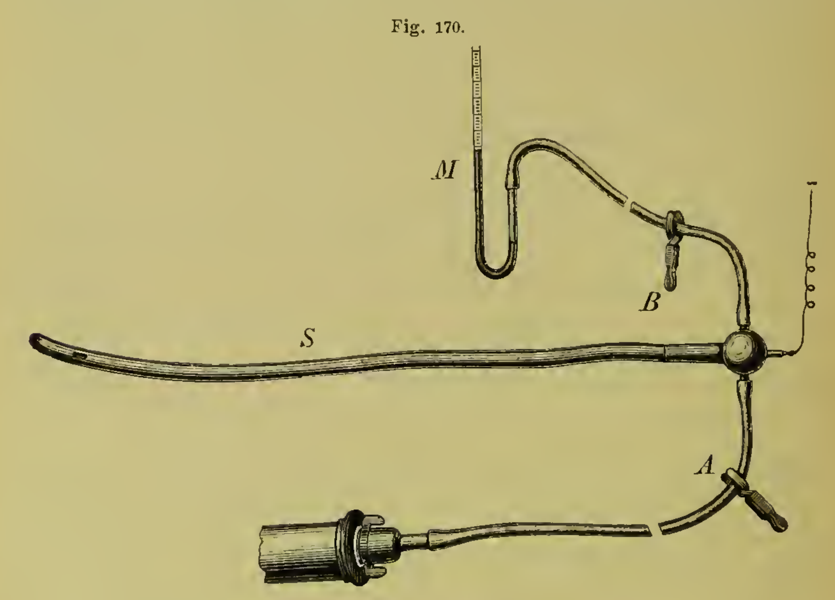
Überreizbarkeit der Harnröhrenschleimhaut (nämlich juckend-kitzelndes Gefühl am Blasenhalse mit allgem. Überreizung der Harnröhre) behandelt Clemens mittels des farad. Str., indem er den einen Pol als Bleibougie in die Harnröhre einführt und den 2. Pol mittels befeuchteter Schwammelektrode an den Nacken applicirt.

Bei Blasenkrampf (Cystospasmus) kommt stab. Galv. vom Kreuzbein zur Symphyse und zum Perineum bei Benützung großer Elektroden und vorsichtigem Ein- und Ausschleichen oder schwellende farad. Str. (bei der gleichen Polstellung) in Anwendung. Mastdarm- oder Blasenelektroden dürfen hier nicht benützt werden.

Parese und Paralyse der Harnblase wird (nachdem der Causalindication genügt worden) local entweder percutan oder mittels des Blasenexcitators und Anwendung sowohl des galv. wie auch des farad. Str., je nach der Krankheitsursache mit wechselndem Erfolge behandelt. Bei der percutanen Polappl. wird die An an die Lenden- oder Kreuzwirbelsäule, die Ka bei Harnretention (Ischurie) oberhalb der Symphyse, bei Incontinentia urinae dagegen an das Perineum unter starkem Anpressen der Elektroden applicirt. Die stab. Galv. wird noch durch Stromunterbrechungen (interm. Kathodenappl.) oder V. A unterstützt. Bei derselben Polstellung werden auch schwellende farad. Str. in Anwendung gezogen oder beide Stromarten vereint als Galvanofarad. benützt. Bei der gleichen Kathodenstellung und derselben Stromwahl wird die An auch als Mastdarmelektrode (u. zw. bis in die Blasengegend vorgeschoben) applicirt. Wo die besprochenen Polstellungen nicht zum Ziele führen, benützt man den (vor jeder Appl. gründlichst zu desinficirenden und scrupulös zu reinigenden) Blasenexcitator (als Ka), dessen blankes Polende bei Incontinenz bis zum Blasenhalse, bei Retention hingegen bis in die Blas

selbst vorgeschoben wird. Die An kommt hiebei als möglichst breite, wohldurchfeuchtete Schwammelektrode an die Lende, bezw. das Kreuz oder an das Perineum oder oberhalb der Symphyse oder an die Unterbauchgegend rechts und links von der Blase (Erb). Bei Appl. des Blasenexcitators werden schwellende farad. Str. oder ganz kurze Kathodenschließungen vorgenommen. Der galv. Str. darf wegen Gefahr von Schleimhautätzung nur für Momente geschlossen sein und sollte immer, wenn der Blasenexcitator bis in die Blase selbst eingeführt wird, letztere vorher mit einer entsprechenden Flüssigkeit gefüllt sein, damit das Applicationsende der Blasenelektrode nicht mit der Schleimhaut in Berührung käme. Vortheilhaft lässt sich zu diesem Zwecke die Blasenelektrode von Dr. Boudet de Pâris, Fig. 170, anwenden, bei der die den Strom zuführende Metallsonde als Mandrin eines elastischen Katheters (geschützt) eingeführt wird, während mittels eines Irrigators oder einer Spritze Wasser (oder eine medicamentöse Flüssigkeit) nach Lösung des Quetschhahnes *A* in die Blase gebracht werden kann. Bei Verschließung des zuführenden Kautschukschlauches mittels des Hahnes *A* und Entfernung des Quetschhahnes *B* ist es möglich, die Contractionen der Harnblase an einem Manometer *M* leicht zu messen, bezw. zu demonstriren. — Erdmann, Duchenne und Petrequin benützen den Blasenexcitator bei Appl. der An in den Mastdarm. Althaus perhorrescirt die Anwendung des galv. Str. bei Appl. des Blasenexcitators und

Fig. 170.



hält nur die Verwendung des farad. Str. für zulässig. Ich habe bei localer Farad. der Harnblase (m. d. Blasenexcitator) recht günstige Resultate erzielt, selbst, wo die Grundkrankheit auf keine Weise beeinflusst werden konnte (so z. B. bei Schornsteinfegerkrebs und vollständiger Blasenparalyse nach jeder Sitzg. für wenigstens 24 Stunden spontanes Harnen beobachtet). Mittels des farad. Str. erzielten noch bei Blasenlähmung Erfolge u. A. Boudet, Clarke, Erb, Froriep, Michon, Monad, Rossbach, Seeligmüller etc. Die Hauptsache bleibt indes, wie bereits erwähnt, die Behandlung des die Blasenlähmung veranlassenden Grundleidens. — Althaus applicirt bei Gehirnkrankheiten die Ka an das Hinterhaupt, die An als breite Schwammelektrode über der Symphyse und bei Erkrankungen der Lumbarportion des RM die Ka als breite Elektrode über Lende und Kreuz, die An, wie vorher, oberhalb der Symphyse.

Enuresis nocturna ist als eine functionelle Störung auf neuropathischer Grundlage (Ursache im Gehirn und Rückenmark) anzusehen und muss dementsprechend central, aber auch peripher behandelt werden. Da es sich hier um eine Art Anästhesie der Harnröhre (nämlich um einen verminderten Reiz zur Harnentleerung) handelt, benütze ich gleich Seeligmüller die Farad. vom Abdomen (über der Symph.) zur Urethra (indem ich den 2. Pol als Silbersonde einige Centimeter tief in die Harnröhre einführe) mit vorzüglichem Erfolge. Mittelstarke, bis selbst intensive farad. Str. kommen

hiebei durch 3—5 Min. in Anwendung. Erb empfiehlt dieser intraurethralen Farad. noch die percutane Galv. vom Lendenmark (An) zur Symph. und sodann zum Perineum (Ka) vorauszuschicken und bei kleinen Mädchen eine kleine Schwammelektrode (bei Anwendung des farad. Str.) an die Harnröhrenmündung zw. den Labien zu appliciren. — De Watteville räth, wo die äußere Polappl. nicht zum Ziele führen sollte, den Blasenexcitator (als farad. oder galv. Pol bei Schluss der Kette am Abdomen) in die vorher entleerte und sodann mit warmem Wasser gefüllte Blase einzuführen und bei Anwendung des galv. Str. nur kurze KSS. und V. A. vorzunehmen. Althaus heilte eine 6 J. bestehende Enuresis bei einem 15jähr. Knaben nach vorheriger vergeblicher Anwendung verschiedentlicher (auch elektr.) Heilmethoden durch 50 V. A., in einer einzigen Sitzg. Desparquets, Duchenne und Erdmann erregen den Blasenhals (von der Urethra und vom Rectum aus), Rossbach und Seeligmüller benützen die Farad. vom Mastdarm zur Symph. mit Erfolg.

Prostatahypertrophie behandelt Tripier erfolgreich mittels des farad. Str., indem er das metallisch blanke Applicationsende des Blasenexcitators als Ka bis an den prostat. Theil der Harnröhre einführt und die An als Anuselektrode ebenfalls bis zur Prostata vorschiebt. Bei unwegsamer Urethra wird eine Art Doppelelektrode in den Anus eingeführt, die aus einer isolirenden Sonde besteht, in welche 2 isolirte Drähte verlaufen, die mit 2, an der Außenfläche dieser Sonde befindlichen, blanken, entsprechend von einander entfernten Metalloliven leitend verbunden sind; diese Doppelelektrode wird derart applicirt, dass die Prostata zw. beide Oliven zu liegen kommt; übrigens ist diese Doppelelektrode auch bei wegsamer Urethra verwendbar, in welchem Falle aber beide Oliven mit der An verbunden werden. Nach dieser Methode reducirte Tripier eine Prostata von 62 × 33 *mm* nach 70 Sitzgn. auf 41 × 20 und war dieselbe nach 18 J. noch auf 35 × 19 zurückgegangen. Chéron und Moreau-Wolf benützen den galv. Str. mit Erfolg, indem sie gewöhnlich die Ka und nur bei besonderer Schmerzhaftigkeit die An als Anuselektrode einführen, das blanke Applicationsende derselben gegen die Prostata drücken und den Strom am Perineum schließen. — Die einfache stab. Galv. dürfte noch vortheilhafter durch die Galv. mit Polwechsel zu ersetzen sein.

Chron. Orchitis (traum. oder blennorrhoische) behandelt Clemens mittels Galv., Farad. und Frankl., indem er den einen Pol an den Nacken, den andern in eine Kautschuktasse applicirt, in welcher sich der Hodensack in einem medicamentösen Bade oder einer Jodlösung etc. befindet. — Ich benützte gegen chron. Induration der Hoden erfolgreich die loc. stab. Galv. mit Polwechsel (indem ich den hypertroph. Hoden zw. den beiden Elektroden fixirte und V. A. ausführte). Auch Chéron u. Moreau-Wolf haben bei loc. stab. Galv. des hypertroph. Hodens durch circa 10 Min., nachheriger stab. Galv. vom Hoden zum Samenstrange durch etwa 5 Min. und schließlicher stab. Galv. aufst. längs des Samenstranges günstige Erfolge erzielt.

Bei Atrophie und Schlaffheit der Hoden (meist infolge von Onanie) empfiehlt Erb die Anwendung mittelstarker farad. oder galv. Str. durch die Hoden und den Samenstrang (wegen der zuleitenden Gefäße und Nerven).

Bei Varicocele wendet Clemens die Farad. quer durch den Hodensack, sowie intensive percutane Farad. der Lebergegend (zumal bei Pfortaderstörungen) an.

Indolente Bubonen werden entweder mittels faradocutaner Pinselung auf reflector. Wege (Chvostek) oder mittels stab. Galv. und Polwechsel (Elektrokatalyse) behandelt, von welchen Methoden ich in zahlreichen Fällen recht schöne Erfolge sah.

Einen Fall von Hydrosarcocele behandelte Groh ebenfalls mit stab. Galv. und erzielte in 4 Sitzgn. einen befriedigenden Erfolg.

Die Auflösung von Blasensteinen mittels Elektr. wurde von Bence-Jones, Dumas, Gruithuisen, Prevost etc. an Thieren versucht; die betreffenden Methoden sind jedoch am Menschen aus dem Grunde nicht ausführbar, weil die Herstellung eines entsprechenden Apparates, in welchem der Blasenstein innerhalb der Harnblase vollkommen abgeschlossen, der Elektrolyse unterzogen werden könnte, unausführbar zu sein scheint.

Pollutionen und Spermatorrhoë habe ich des öfteren mittels stab. Galv. und Anwendung recht schwacher Str. (mit Ein- und Ausschleichung) bei Einführung des Blasenexcitators (bei Reizzuständen als An, bei Erschlaffung als Ka) bis an den prostat. Theil der Harnröhre (an die hyperästhetischen Ausführungsgänge der Samenbläschen) und Stromschluss am Perineum erfolgreich behandelt. — Erb empfiehlt bei derselben Polstellung die Anwendung des farad. Str., sowie die directe Farad. der Hoden, zumal bei Schlaffheit und geringer Ernährung derselben. De Watteville räth die percutane stab. Galv. vom Perineum (An) zur Kreuz- und Lendenwirbelsäule (Ka), sowie die farad. Reizung der Samenbläschen mittels einer Mastdarmelektrode oder Anwendung des Blasenexcitators und stab. Galv., wie bereits angegeben. Auch Clemens

benützt den farad. Str. bei Einführung einer Bleibougie in die Urethra und Appl. einer Schwammelektrode am After oder Perineum, bei centr. Störungen im Nacken.

Impotenz ist, wenn sie nur rein symptomatisch auftritt, fast ausnahmslos schon in kurzer Zeit mittels Elektr. heilbar; sie tritt indessen häufig als Symptom verschiedentlicher Nervenerkrankungen auf oder beruht auf anatom. Störungen der betreffenden Organe, in welchen Fällen die Prognose in erster Richtung von dem Grundleiden abhängt. — Demnach wird auch zunächst der Causalindication genügt werden müssen. Local benütze ich vorzugsweise die erregenden Wirkungen des galv. Str. (stab., lab., interm. Galv., KSS. und V. A.) bei Appl. der An auf die Lenden- und Kreuzwirbelsäule, der Ka als Blasenexcitator (bis an den prostat. Theil der Harnröhre eingeführt, mit nur kurzen Stromschließungen) und am Perineum; sodann führe ich (gleich Erb) mit der Ka je 40 kräftige Striche (interm.) längs jeden Samenstrauges, längs der Ober- und Unterseite des Penis, sodann bei emporgehobenem Scrotum von der Analöffnung bis zur Wurzel des Penis und galvanisire überdies noch die Hoden direct mittels schwachen Str. und V. A., von welcher combinirten Behandlung ich zahlreiche rasche Erfolge zu verzeichnen habe. Clemens verwendet bei Impotenz die in die Harnröhre eingeführte Bleibougie als den einen Pol seiner Spiralenbatterie und appl. den Penis überdies noch innerhalb einer Hohlspirale, durch welche er starke unterbrochene Ströme leitet. De Watteville benützt die Galvanofarad. vom RM. zu den äußern Genitalien, sowie Appl. des einen Rheoph. stab. am Abdomen, des andern lab. in der Sacralgegend oder V. A. bei der gleichen Polstellung. — Bei der reizbaren Schwäche (der Neurastheniker oder infolge von Abusus in Venere) haben Benedikt, Erb, Möbius, Schulz u. A. mittels loc. Galv. und Farad. nach den oberwähnten Methoden günstige Erfolge erzielt. Bei Anästhesie und Schlaffheit der Glans des Penis und des Scrotums empfiehlt Erb die loc. stab. und lab. Galv. mittels der Ka bei Appl. der An an die Lendenwirbelsäule, sowie die loc. faradocutane Pinselung, ferner die farad. Pinselung der Perineal- und Aftergegend, um reflector. auf das Scrotum einzuwirken, eventuell auch noch intraurethrale Farad. Überdies empfiehlt Erb noch die stab. Galv. vorzugsweise des unteren Abschnittes der Wirbelsäule (Lende, Kreuz), die indes bei diffuser Schwächung des ganzen Genitaltractes bis zum Halsmark auszudehnen wäre. — Möbius erzielte mit der Appl. der einen Elektrode ins Rectum, der andern aufs Perineum und Anwendung schwellender farad. Str. mit Nachsendung einer galv. Behandlung (Ka im Rectum, An am Kreuzbein) schöne Erfolge.

Die Methoden der Behandlung der Ovarie wurden bereits pag. 396 besprochen.

Zur elektr. Behandlung der Amenorrhoë führte die zufällige Beobachtung der menstruationsfördernden Wirkungen selbst an entfernten Körperstellen applicirter elektr. Str. Es ist dementsprechend in weitaus den meisten Fällen auch gar nicht nöthig, den Uterus oder die Ovarien directem Stromeinflusse auszusetzen und verwende ich lediglich die stab. Galv. a. H., sowie energische faradocutane Pinselung der Sohlen mit günstigem Erfolge. De Watteville empfiehlt energische Farad. oder Galvanofarad. der Regio lumb. und suprapubica, besonders kurz vor den Menses, täglich durch 10 M. mittels großplattiger Elektroden. Außerdem wurden noch erfolgreich benützt: die Galv. a. H. (Fieber, Good), die stab. Galv. des (Centrum genito-spinale) unteren Rückenmarkssegments (Althaus, Clemens, Good, Neftel), die stab. Galv. von der Lendengegend (An) zu den Ovarien (Althaus, Good), die Uterusfaradisation, wobei der eine Pol an die Vaginalportion, der andere an den Nacken, die Lende, das Kreuz, das Hypogastrium oder in das Rectum applicirt wird (Althaus, Dixon Mann, Duchenne, Frank, Griffith, Rayer, Schnitzer), endlich die stab. Galv. von der Lendengegend oder den Ovarien zum Collum uteri (Neftel, Onimus, Rayer etc.), wobei entweder die An an die Vaginalportion applicirt (Althaus) oder die Ka in den Uterus eingeführt wird (Dixon Mann).

Dysmenorrhoë wird in der intermenstruellen Zeit, etwa 8 Tage vor dem zu erwartenden Eintritte der Katamenien behandelt, u. zw. mittels Farad. mit feuchten Elektroden von der Lenden- zur Ovarialgegend täglich durch 10 Min. (Bouland), Farad. von der Vaginalportion zum Kreuzbein, Hypogastrium oder Rectum (Blackwood), stab. Galv. von der Brust- oder Lendenwirbelsäule (An) zur Ovarialgegend (Neftel), stab. Galv. von der Lende zur Vaginalportion (Althaus, Neftel, Onimus, Rayer) oder vom Cervicalcanal (An) zum Lendenmark (Dixon Mann), schwacher contin. Str. vom Kreuzbein zur Vaginalportion (H. Bayer, Taylor), sowie abwechselnder Galv. und Farad. des Uterus (Schwanda).

Menorrhagien werden in der Zwischenzeit je 2er aufeinanderfolgender Katamenien, Metrorrhagien (in der Nachgeburtsperiode) sofort behandelt, u. zw. in leichtern Fällen mittels Farad. von der Lumbalgegend zum Abdomen (Tripier); in schwereren Fällen wird der eine (farad.) Pol an den Muttermund, der andere ans Kreuzbein

in die Ovarialgegend oberhalb der Symphyse oder ins Rectum applicirt (Apostoli, Makintosh, Mackenzie, Rothe, Tripier); auch der galv. Str. (An an die Lende, Ka an den Muttermund) wurde (von H. Bayer und Dixon Mann) mit Erfolg benützt.

Chronische Metritiden werden mit Vortheil elektrolytisch behandelt (Apostoli — cfr. p. 358); sie lassen sich aber auch durch die katalyt. Wirkungen der Elektr. günstig beeinflussen und sind mittels derselben auch mehrfach Heilungen erzielt worden, u. zw. mittels externer Farad. vom Abdomen zum Kreuzbein (Mathelin, Tripier), Farad. von der Vaginalportion (Schwammelektrode) zum Hypogastrium (Beau) oder von der Uterinhöhle aus gleichzeitig (mittels getheilter Elektrode) zum Hypogastrium und Rectum (Tripier), sodann mittels stab. und lab. Galv., von der Vaginalportion (An) zum Hypogastrium (Barthelow) oder von der Lumbalgegend (An) zur Uterinhöhle (Dixon Mann).

Lageveränderungen des Uterus werden zumeist mittels intrauteriner Galv., Farad. oder Galvanofarad. behandelt. Gegen Retroflexio uteri verwendet M. Lidky einen sogenannten Tuteur galvanique uterin, nämlich eine hohle Kupferkugel von 2·5 *cm* Dchm., an welcher sich ein 6—7 *cm* langer Stift befindet, dessen untere Hälfte aus Kupfer, die obere aus Zink besteht; dieser Stift wird in die Uterinhöhle eingeführt und sollen die beiden Metalle Elektr. erregen und diese wieder Contractionen des Uterus hervorrufen (?). Auch Simpson empfiehlt ein ähnliches intrauterines elektr. Pessarium. Courty wendet zu gleichem Zwecke direct den interm. galv. Str. an, applicirt die Ka in das Cavum uteri, die An aufs Abdomen in die Gegend des Lig. rotund. und führt (im metallischen Theile des Schließungsbogens) KSS. und V. A. zur Erregung von Contractionen des Uterus aus, da die Retroflexionen vorzugsweise auf Erschlaffung des Gewebes oder einer mangelhaften Rückbildung des Uterus beruhen. Barthelow benützt die stab. Galv. von der Vaginalportion (An) zum Hypogastrium; Tripier verwendet bei der gleichen Polstellung den farad. Str. und zieht für gleichen Zweck auch noch die vesico-uterine Farad. in Anwendung. Apostoli faradisirt bei Retroflexio uteri gravi die vordere Uteruswand percutan. Des farad. Str. bedienen sich noch u. A.: Beauvin, Elleaume, Fano und E. Mann. Letzterer und de Watteville verbinden die Farad. in einer Sitzg. mit der entsprechenden Uteringalv. Bei Anteflexio uteri zieht Tripier und Zanini die recto-uterine Farad. in Anwendung. Bei Senkungen des Uterus leistet biinguino-uterine und biinguino-vaginale Farad. gute Dienste.

Milchsecretion befördernd wirkt directe Farad. (mittels feuchter Elektroden) und Frankl. der Brustdrüse (Aubert, Becquerel, Estachy, Lardeur, C. Neumann, de Watteville etc.)

In der Geburtshilfe wird sowohl die Galv., wie auch die Farad. häufig mit Erfolg benützt, u. zw. vorzugsweise zur Wehenbeförderung, Blutstillung und Involution des Uterus.

Zur Einleitung der künstlichen Frühgeburt haben verschiedene Autoren (wie z. B. Birriman, Bumm, Dempsey, Grünewaldt, Onimus etc.) Faradisationsmethoden angegeben, die jedoch von Welponer als völlig unwirksam befunden wurden. Auch Tripier und Apostoli erklären auf Grund zahlreicher Erfahrungen, dass selbst directe Farad. des schwangeren Uterus keinen Abortus nach sich ziehe, man im Gegentheil während der Gravidität ganz gefahrlos den Uterus direct faradisiren könne (Tripier), da seine, infolge des elektr. Reizes auftretenden Contractionen nie die Intensität erreichen, um ein gesundes Ei vor seiner Reife von der Gebärmutter abzutrennen, was nur bei vorheriger (patholog.) Ablösung der Eihäute vorkommen könnte (Apostoli). Dementsprechend verwenden auch zahlreiche Autoren (so u. A. Apostoli, Barnes, Cleveland, Benj. Frank, St. Germain, Hougthon, Jacoby, Kilian, Mackenzie, Radford, Tipjakow, Tripier, etc.) verschiedene Faradisationsmethoden, als: Ka im Cervicalcanal, An im Rectum oder an die Lumbalgegend oder über der Symphyse, theils schon während der Gravidität, zumeist aber während des Geburtsactes, sowie in der Nachgeburtsperiode mit günstigem Erfolge, um *a)* gleich im Anfange der Schwangerschaft eine fehlerhafte Lage des Uterus, die Abortus herbeiführen könnte, zu beseitigen; *b)* zur Wehenbeförderung, die nach Apostoli als Effect einer zweifachen Wirkung des farad. Str. anzusehen ist, nämlich sowohl der mechan. Erregung von Muskelcontractionen wie auch der Veränderung des Ernährungsvorganges des Uterus durch Reizung seiner Vasoconstrictoren (Massage musculaire interstitielle et drainage circulatoire); die Austreibung der Placenta erfolgt (wenn die Farad. zur Beschleunigung des Geburtsactes in Anwendung gezogen wurde) unmittelbar nach der des Kindes, ohne dass letzteres irgend je von der Elektrisation einen Schaden genommen hätte; nach Apostoli und Tripier ist die Farad. während der Geburt immer bei Plethora,

bei Abnahme der Ausdehnung des Muttermundes Ermüdung und Erschlaffung des Uterus, bei primärer Webenschwäche, sowie bei durch abnormen Placentarsitz bedingten Blutungen während der Geburt indicirt; *c)* als energisches und sicher wirkendes Hämostaticum in der Nachgeburtsperiode; *d)* post partum zur Beförderung der puerperalen Involution des Uterus. Selbst nach vollkommen normal verlaufenden Geburten wenden Apostoli und Tripier die sacro-abdominelle oder sacrouterine Farad. als Prophylacticum gegen Spätblutungen, Hypertrophie, Retroflexion und Retroversion des puerperalen Uterus mit dem günstigsten Erfolge an; nie haben die Genannten einen üblen Zufall wahrgenommen oder eine ungünstige Reaction eintreten gesehn und beschließt Tripier seit 10 J. keine Geburt ohne nachfolgende Farad. von der er annimmt, „dass sie sogar in gewissem Sinne der puerperalen Infection entgegenwirke". Des galv. Str. (Ka im Cervicalcanal, An am Kreuz oder Abdomen) bedienen sich Althaus, Baudeloque, H. Bayer, Frank u. A. und preisen ihn als das sicherste wehenerregende und wehenregulirende Mittel, als das sicherste Mittel zur Erregung der künstlichen Frühgeburt (?), ferner zur Beseitigung einfacher Wehenschwäche, sowie zur Erzielung von Uteruscontractionen bei Blutungen während der Geburt und in der Nachgeburtsperiode. De Watteville rühmt (gleich Apostoli, Tripier u. A.) der Elektrisation den Vorzug vor dem Ergotin ein, da man mittels Elektr. die Uteruscontractionen intermittirend hervorbringen und so die natürliche Function unterstützen könne. Erb empfiehlt bei Benützung des galv. Str. die An am Cervix uteri zu appliciren, um Atzwirkungen zu vermeiden.

Elektrotherapie der Erkrankungen der Haut.

Erkrankungen an der Haut sind in vielen Fällen Folgezustände einer Erkrankung des Nervensystems, wie z. B. die cutanen Trophoneurosen (perforirende Geschwüre, locale Asphyxie, Glanzhaut, Verbildung der Haare und Nägel, acuter Decubitus etc.). In solchen Fällen erwies sich die Elektrotherapie sowohl gegen das Grundleiden, wie auch als locales (symptomatisches) Heilmittel mehrfach von äußerst günstigem Erfolge. Bei Hautkrankheiten centr. Ursprungs muss zunächst der Causalindication entsprochen werden und ist demnach die centr. Galv. (Beard), die allgem. Farad. (besonders bei den mit Schwächezuständen und allgem. Herabgekommensein der Kräfte verbundenen Hautkrankheiten), ferner die Galv. a. H., Galv. des Cervicalmarks, Galv. des RM., zumal Localisation des Stroms an den Austrittsstellen der Nerven, welche das erkrankte Gebiet beherrschen, sonst aber in erster Richtung die locale Behandlung (Galv., Farad., Galvanofarad. und Frankl.) indicirt. Symptomatisch verwendet man bei schmerzenden und juckenden Hautkrankheiten (Prurigo) die sedativen, bei ulcerösen Formen die elektrolytischen und bei papulösen und pustulösen Hauterkrankungen die resorbirenden Wirkungen der Elektr. Auf der Haut dürften die katalyt. Effecte sich am reinsten hervorbringen lassen. Gegen Schmerz und Jucken (Prurigo) benützt man mit Erfolg die faradocutane Pinselung; desgleichen auch in manchen Fällen von Acne und Eczem. Bei Anwendung des galv. Str. wähle man breitflächige wohldurchfeuchtete Schwammkappenelektroden und applicire die An über dem Nervenstamme, der die erkrankte Hautpartie versorgt (zumal an seiner Wurzel, seinem Plexus oder motor. Punkte) oder indifferent; bei ausgebreiteten Hautkrankheiten kann sie auch als diff. Elektrode zu Hilfe genommen werden; die Ka wird direct auf die erkrankte Hautpartie (als diff. Elektrode) applicirt und stab., lab. und interm. Ströme, sowie V. A. bei einer Stromdichte von durchschnittlich $^1/_{18}$—$^1/_{10}$ und kurzer Stromdauer (an jeder Hautstelle höchstens 1 Min.) in Anwendung gezogen. In manchen Fällen erwiesen sich schwache contin. Str. von Nutzen.

Angioneurotische pullöse Exantheme behandelte Breda mit Erfolg mittels des galv. Str. (An im Nacken, Ka an den Efflorescenzen oder An am Rücken und Ka in einem lauen Fußbade) und erzielte sofortige Schmerzlinderung und abortiven Verlauf der Krankheit.

Bei Acne erzielte de Watteville mittels stab. und lab. Galv. günstige Resultate; gegen Acne rosacea wird (von Beard, E. Remak und de Watteville) Galv. a. H. und centr. Galv. empfohlen.

Erysipelas behandelt Clemens in der Weise, dass er die erkrankte Hautpartie mit einer in Jodkalilösung getauchten Compresse bedeckt und darüber faradisirt — angeblich mit Erfolg.

Bei Herpes, der zumal bei alten Leuten oft mit Neuralgien vergesellschaftet, als schweres Leiden anzusehen ist, erzielte de Watteville mittels centr. und loc. Galv., sowie loc. Farad. Erfolge.

Eczem behandelt Beard mittels centr. Galv., Galv. a. H., sowie mittels loc. applicirter Ka mit günstigem Erfolge: die Schmerzen schwinden nach 5—15 Min. langer Appl., die Heilung tritt nach einigen Sitzgn. ein.

Bei Lichen sah Beard von lab. Anwendung der galv. Ka gute Resultate.

Prurigo wird, wie erwähnt, mittels faradocutaner Pinselung, sowie mittels Galv. a. H. und allgem. Elektrisation erfolgreich behandelt (Beard, E. Remak).

Gegen Pityriasis versicolor empfiehlt Beard die Anwendung schwacher cont. Str. und die centr. Galv. (Bei Erkrankung der behaarten Kopfhaut müssen die Haare vorher gut durchfeuchtet werden.)

Bei Psoriasis wurden verschiedene Methoden: successive lab. galv. Localbehandlung der erkrankten Hautstellen, Galv. a. H., centr. Galv. etc., jedoch nur mit geringem Erfolge, in Anwendung gezogen.

Bei Sclerodermie erzielten Beard, Fieber, E. Remak, Schwimmer, de Watteville etc. mittels Galv. a. H., centr. Galv., sowie locale Galvanofarad. an den erkrankten Theilen der Haut günstige Resultate.

Alopecia areata, sowie Haarmangel nach fieberhaften Krankheiten behandelte de Watteville mehrfach mit günstigem Resultate mittels stab. Galv., indem er die beiden wohldurchfeuchteten Elektroden an den kahlen Stellen dicht neben einander applicirte.

Locale Asphyxie mit Dystrophie der Haut und Nägel behandelte de Watteville mittels loc. Anwendung des galv. und farad. Str. mit gutem Erfolge.

Panaritien heilt Clemens, indem er den kranken Finger in ein Glas mit Jodwasser taucht, in welchem sich der eine Pol eines Inductionsapparates befindet, während der andere mit einer feuchten Nackenplatte verbunden wird.

Gegen Geschwüre aller Art (torpide, syphilitische, canceröse etc.) benützt Clemens die Frankl. (elektr. Douche) mit gutem Erfolge: die Füße des Patienten kommen auf eine bedeckte Metallplatte, die mit dem einen Conductor verbunden ist, während der andere Conductor in eine spitze Elektrode ausgeht, mittels welcher Clemens einen kräftigen Büschelstrom gegen die geschwürige Fläche abbläst (welche Methode auch schmerzstillend wirken soll). Auch benützt Clemens den Büschelstr., um medicamentöse Flüssigkeiten auf die Geschwüre zu zerstäuben. Er bringt hiezu die medicamentöse Flüssigkeit in ein Glasröhrchen, verschließt dasselbe an dem einen Ende mittels eines Korkes, bringt an dem anderen Ende ein capillar auslaufendes Ebonitröhrchen an, schiebt durch den Kork einen, bis in die Flüssigkeit ragenden Platindraht, verbindet diesen mit dem Conductor und hält die Capillarröhre nach abwärts gegen das Geschwür gerichtet, wobei die Flüssigkeit durch den austretenden Büschel über der Geschwürsfläche zerstäubt wird.

Bei Schwellungen der Nasenschleimhaut und Verengerung der Nasenhöhle infolge der durch wiederkehrende Catarrhe verursachten passiven venösen Stauung benützt J. H. Bosworth eine eigens hiezu construirte Nasenelektrode (cfr. p. 217 und 218), die er an die Nasenscheidewand oder an eine Nasenmuschel als Ka applicirt, während er die An an die Schläfe oder indiff. placirt.

ANHANG

zur

Elektrodiagnostik und Elektrotherapie

einschließlich der physikalischen Propädeutik für praktische Ärzte.

Von

R.-A. **Dr. Rudolf Lewandowski,**

Chefarzt und Professor etc.

Enthaltend wichtige praktische Neuerungen auf dem Gebiete der Verwertung der Elektricität in der Heilkunde während der letzten 5 Jahre 1887—1892.

In der antica casa editrice des Dr. Francesco Vallardi zu Mailand erscheint soeben eine italienische Übersetzung meiner Elektrodiagnostik und Elektrotherapie etc., besorgt von Dr. Giovanni Cav. Pavesio in Turin. Ich habe für diese Übersetzung die deutsche erste Auflage genauestens durchgesehen und mehrfach abgeändert, wie auch mit Zusätzen versehen, so dass das italienische Buch eine zweite Auflage meiner Elektrodiagnostik und Elektrotherapie repräsentirt. Damit aber auch die deutsche Ausgabe der italienischen nicht nachstehe, habe ich für die noch im Buchhandel befindlichen Exemplare der ersten deutschen Ausgabe das wesentlichste und wichtigste auf dem Gebiete der Verwertung der Elektricität zu Heilzwecken während der letzten fünf Jahre (1887—1892) aus der diesbezüglichen reichhaltigen Literatur, in stetiger Berücksichtigung der Bedürfnisse des praktischen Arztes, im Nachfolgenden zusammengefasst.

Was zunächst

I. Das Instrumentarium betrifft, so wurde in den letzten fünf Jahren so Vieles und Vielerlei vorgeschlagen, ausgeführt, um- und abgeändert, dass ein ganzes großes Buch nöthig wäre, um hievon ein auch nur mattes Bild liefern zu können. Indessen entsprang nicht alles dem praktischen Bedürfnisse der Ärzte, sondern zumeist jenem der Erzeuger derartiger Apparate. Befanden sich beispielsweise in einer Großstadt vier oder fünf derselben und hatte der eine einmal eine gute Idee in vorzüglicher Weise ausgeführt, so ruhten die andern nicht eher, bis sie denselben Apparat, jeder auf seine eigene Art abgeändert, so dass

dermalen der Markt von einer Unmasse von Gegenständen überschwemmt ist und es wirklich einer eingehenden Fach- und Sachkenntnis erheischt, um aus der Fülle des Gebotenen das wirklich Brauchbare herauszufinden.

Galvanotherapie. Um die dem heutigen Stande der Elektrodiagnostik und Elektrotherapie entsprechenden Haupt-, Neben- und Hilfsapparate cursorisch durchzugehen, benutze ich zunächst das Schema der Schaltung meines neuen Gesammtinstrumentariums für alle Zwecke der Elektrodiagnostik, sowie der Galvano- und Faradotherapie, das ich in der Wr. Med. Presse, 1891, Nr. 22—26, des ausführlichen abgehandelt habe.

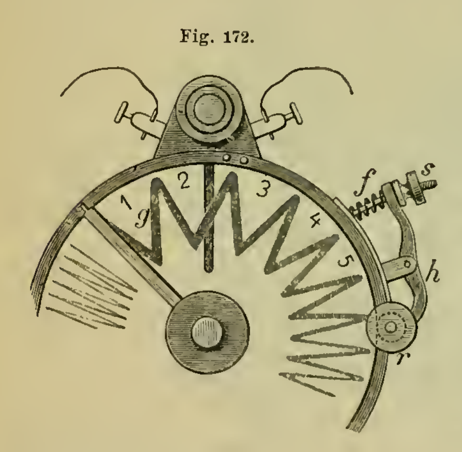
Fig. 171.

Fig. 171 stellt oberhalb der Punktlinie MN die an der Rückwand und unterhalb dieser Linie auf der Tischplatte des, 64 große L e i t e r'sche Braunsteinelemente (in parallelo-pipedischen Hartgummigefäßen mit schlitzwandigen Hartgummidiaphragmen) enthaltenden Batterieschrankes, disponirten Neben- und Hilfsapparate, sowie deren Verbindung mit den Elementen, wie auch unter einander dar. Dieser Batterieschrank enthält im Unterfache die Batterie nebst zwei Schubläden für Elektroden, Leitungsschnüre, Polreagenzpapier etc. etc. Dieses Unterfach ist mittels zweier Holzthürchen abschließ- und absperrbar. Das Oberfach hat allseits Glaswände, die aus fünf Theilen bestehen und ebenfalls abschließ- und absperrbar sind. Will man den Apparat benützen, so öffnet man die Glasthüren und kann sie nun so ineinander

und umlegen, dass der ganze Tisch allseits frei und zugänglich ist und die Glasthüren rechts und links der Wand des Zimmers anliegen. Die 64 Elemente sind so geschaltet, dass 60 hievon nacheinander zur galvanischen Batterie vereinigt, 4 jedoch für den Inductionsapparat bestimmt sind. Fig. III und IV stellen zwei gleiche E. M. Reiniger'sche Doppelkurbel-stromwähler dar, die es gestatten, nicht nur ein Element nach dem anderen, sondern auch jedes einzelne beliebige Element oder eine variable Anzahl von Elementen von jedem beliebigen beginnend ein-, beziehungsweise ausschalten zu können. Die Zinke der 60 Elemente gehen je 30 zu III und je 30 zu IV, allwo sie mit den Schleifcontacten leitend verbunden sind. Über diese Contacte sind zwei Kurbeln K und K_1, letztere über der ersteren beweglich. Die untere (K) schleift überdies mit einer starken Metallfeder auf dem Contactkreise *SS*. All das ist auf einer Ebonitplatte *E* montirt. Die ersten zwei Schleifcontactklötzchen sind mit 0, beziehungsweise 00 signirt und stehen unter einander in leitender Verbindung, auf diesen Contacten stehen die beiden Kurbeln K und K_1, falls kein Element eingeschaltet ist. Der Kohlenpol des ersten Elementes der ersten Gruppe geht zum 0-Contact von III, zum Stromwender (W) V; von der Scheibe S S geht eine Fortleitung zur Achse der oberen Kurbel K_1 von IV, von dessen unterer Kurbel, beziehungsweise von S S ebenfalls eine Verbindung zum Stromwender V abgeht. Diese Schaltung gestattet, alle 60 Elemente nacheinander, jedes beliebige Element der ganzen Reihe, oder eine beliebige Anzahl wo immer beginnend ein-, beziehungsweise auszuschalten. V ist der Stromwender; zu den Klemmen *a* und *d* kommt der Batteriestrom, von *b* und *c* wird er weiter geleitet. Von *c* geht der eine Batteriepol über γ und δ von XI zur Batterieklemme K_1, der zweite Batteriepol von *b* zu G von II. II stellt die neueste Verbesserung meines Stromschalters, der ursprünglich für Stöpseleinschaltung eingerichtet war, hier in der zuerst von J. Leiter nach meiner Weisung ausgeführten Abänderung, für Kurbeleinschaltung dar. Auf einer Kreisscheibe von Hartgummi sind drei Metallschienen: *2, G* und *1,* sowie fünf Contactknöpfe: *1*, GF_2, *G*, GF_2 und *2* montirt, über welche der Metallhebel *A* mittels des Kurbelgriffes *k* rotirt werden kann. Zur oberen Metallschiene *G* geht, wie vorerwähnt, der zweite Pol des galvanischen Stromes, zur Schiene *1* der primäre und zur Schiene 2 der secundäre Inductionsstrom. Wird durch *A*, wie in Fig. 171, die Schiene *G* mit dem Contactknopfe *G* verbunden, so geht der zweite Pol des galvanischen Stromes zunächst nach *a* von *I*, dann über *b*, sowie *A*, *B* und *C* zum Galvanometer *VII*, von hier nach *d* von *I* und über *e* zu zwei Lewandowski-Leiter'schen Graphit-Quecksilberrheostaten *VIII* und *IX*, dann zu *X* und α und β von *XI* zur zweiten Batterieklemme K_2. Steht *A* von *II* auf *1, 1,* so circulirt im Schließungsbogen zwischen K_1 und K_2 nur primärer Inductionsstrom; steht *A* auf *2, 2,* so ist in diesem Bogen nur secundärer Inductionsstrom eingeschaltet. Steht *A* mit seinem unteren Ende auf GF_1, so ist ein galvano-faradischer Strom mit primärem Inductionsstrom und steht *A* auf GF_2, so ist ein galvano-faradischer Strom mit secundärem Inductionsstrom eingeschaltet. Die Bahnen für die einzelnen Schaltungen sind an den Schaltungslinien leicht zu verfolgen. Genaueres hierüber in der obcitirten Original-Mittheilung. Zur Inthätigkeitsetzung des Inductionsapparates dienen die vier Elemente und deren Stromwähler *VI*. *I* ist ein Nebenapparat, der Disposition der Edelmann-D'Arman'schen Wippe (cfr. Dr. M. Th. Edelmann, Elektrotechnik für Ärzte. München 1890, pag. 140) zur Messung des

Widerstandes der eingeschalteten Körperstrecke in Ohms, mit Hilfe des Galvanometer *VII*, nachgebildet. Ich habe die Quecksilbercontacte durch Schleifcontacte ersetzt, die Anordnung der Wippe in jene der Kurbeleinschaltung umgewandelt und endlich noch die Einrichtung getroffen, dass dieser Apparat für den Fall der Nichtbenützung, wie in Fig. 171 dargestellt erscheint, durch Kurzschluss von *a* und *b* einerseits und *d* und *e* anderseits ausgeschaltet werden kann. Auf einer Hartgummischeibe befinden sich 10 Schleifcontacte: *a, b, c, d, e* und *f, g, h, i, k*; diese sind, wie in *I* ersichtlich, untereinander und mit den übrigen Apparaten verbunden. Über dieser Hartgummiplatte Fig. *I* ist eine zweite drehbar eingerichtet, die drei in den Fig. *I, XIII, XIV* und *XV* ersichtlich gemachte Metallschienen besitzt. In der Stellung *I* und *XIII* ist dieser Apparat ausgeschaltet; auf die Marke spielt die Signatur Normal ein. In *XIV* verbindet die längere Schiene die Schleifcontactpunkte *a, b* und *c*, die kürzere Schiene hiegegen die Contacte *d* und *e*; das Galvanometer *VII* zeigt nunmehr Stromstärken in Milli-Ampères an. In der Stellung *XV* hingegen spielt die Signatur Volts auf die Marke ein; die längere Schiene verbindet nun die Schleifcontacte *f, g* und *h*; die kürzere Schiene hingegen *i* und *k*. Das Galvanometer *VII* zeigt jetzt Spannungen in Milli-Volts an. Dividirt man die letzte Angabe (Volts) durch die erstere (Amp.) und multiplicirt den Quotienten mit 1000, so erhält man den Widerstand der eingeschalteten Körperstrecke in Ohms. Das Galvanometer *VII* ist ein Dr. M. Th. Edelmann'sches Einheitsgalvanometer mit Fadensuspension. Es besitzt einen inneren Widerstand von 245·2 Ω. Die drei Spulen *S, P* und *R* gehören zum Apparate *I*. Sie sind Widerstandsspulen, und zwar *S* = 1000 Ω, *P* = dem Galvanometerwiderstande von 245·2 Ω und *R* = 754·8 Ω, welcher Widerstand den Galvanometerwiderstand auf 1000 Ω ergänzt. Wie diese drei Spulen mit *I* und der Gesammtleitung verbunden sind, zeigt das Schema an. Die drei Spulen hingegen *A, B, C* sind Widerstandsspulen, von denen *A* beim Niederschrauben der Schraube 10, *B* beim Niederschrauben der Schraube 100 den Galvanometerwiderstand ergänzen. *C* ist eine Spule, die den Galvanometerwiderstand auf 1000 Ohms ergänzt. *VIII* und *IX* sind zwei gleiche Lewandowski-Leiter'sche Graphit-Quecksilber-Rheostate. Sie haben eine Neuerung: nämlich zum Einschalten ganz kleiner Stücke des Graphitstreifens (Fig. 172) haben sie seitlich eine Frictionsrolle, mittels welcher die Glasscheibe langsam fortbewegt wird. Ein außerhalb dieser angebrachter Hebel lässt sich zu- und emporschrauben und fixirt im ersten Falle diese Frictionsrolle, im zweiten Falle giebt er sie frei und man kann mit der Kurbel die Glasscheibe wie bisher einschalten. Außerdem ist das Graphitband an seinem Anfange viel breiter und nimmt erst gegen das Ende ab. *X* ist eine Art Telegraphentaster, der zum Schließen *E* und Öffnen *J* dient; steht der Hebel *k* auf *r*, so wird bei *E* Schluss herbeigeführt; der Contactpunkt *s* ist in die Hauptleitung einbezogen; steht der Hebel *k* mit dem Contactpunkt *t* in Verbindung, so können bei *J*

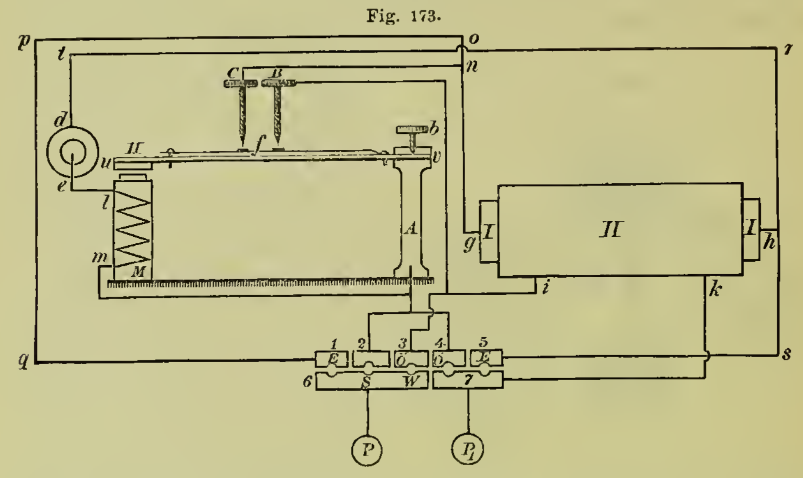
Fig. 172.



Öffnungen gemacht werden. *XI* ist ein Mayer-Wolff'scher Taster-Stromwender. Die Arme *α, β, γ* und *δ* dienen, um ihn außer Thätigkeit zu setzen. Jeder Apparat lässt sich auf gleiche Weise in und außer Thätigkeit setzen. K_1 und K_2 sind die beiden Polklemmen, *XII* ist ein Gefäß für warmes Wasser für die Elektroden.

Der Inductionsapparat wurde derart abgeändert, dass man gleichgerichtete, galvanometrisch messbare Schließungs- und Öffnungsströme, Extraströme, wie auch Wechselströme von einem Inductionsapparate einfach durch Stöpselung ableiten kann. Das Schema dieses Apparates veranschaulicht Fig. 173. Oberhalb der federnden Spange des Wagner'schen Hammers *H* sind zwei Contactschrauben *B* und *C* angebracht, die so eingestellt werden können, dass sie die Platinplättchen der Contactfeder eben berühren. Schaltet man den menschlichen Körper in den Strom des Apparates, indem man bei *ÖÖ* stöpselt, so gehen nur Öffnungsströme durch den Körper; stöpselt man nur bei *S*, so fließen nur Schließungsströme durch den Körper und schaltet

Fig. 173.

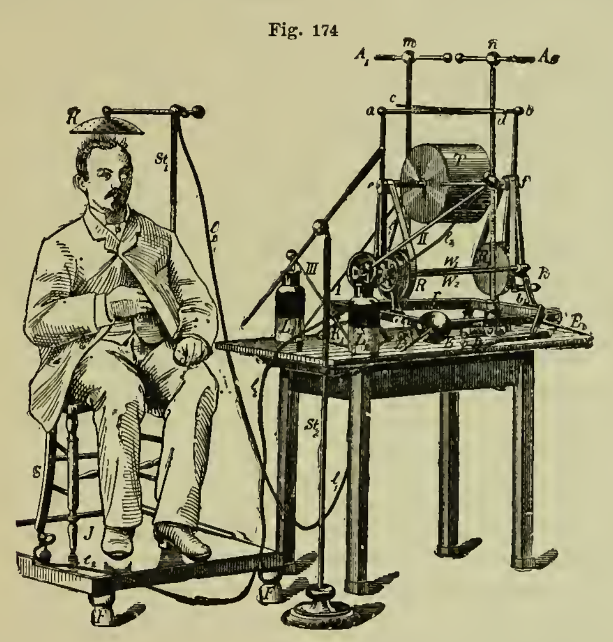


man bei *W*, so gehen ungehindert Wechselströme durch. Bei *EE* werden die Extraströme eingeschaltet. Die Schließungs-, beziehungsweise Öffnungsströme sind gleichgerichtet, galvanometrisch messbar und zeitlich gleich verlaufend; die Extraströme desgleichen. Die Wechselströme sind die eines gewöhnlichen Inductionsapparates. An einem halbwegs empfindlichen Galvanometer kann man die Intensität dieser Ströme controliren. Andererseits hat Ziemssen auf Grund vielfacher Versuche gefunden, dass ein Inductionsstrom, ein Condensator und ein unterbrochener constanter Strom, wenn sie von gleicher Spannung (Volts) mit gleichviel Intermissionen auf den menschlichen Körper applicirt wurden, ganz denselben Effect haben. Edelmann hat auf diese Versuche hin ein absolutes Faradimeter construirt. Er misst den inducirenden Strom (0·3 M. A.); ein Rheostat dient dazu, um diesen Strom immer auf gleicher Höhe zu erhalten. Der Hammer wird separat durch eine andere Batterie in Bewegung gesetzt. Längs der Bahn der Secundärspirale ist eine Eintheilung in Volts ein- für allemal angebracht. Stintzing hat mit Hilfe dieses Faradimeters absolute Werte für die Reactionsminima festzustellen versucht.

Franklinisation. Seit langem bediene ich mich einer von Hermann Gläser construirten Hartgummi-Doppeltrommel-Influenzmaschine (Fig. 174).

Diese besteht, wie der Name besagt, aus zwei auf einer gemeinsamen Achse cf concentrisch angeordneten Hartgummitrommeln T, welche durch die Kurbel k und die Wellen W_1 und W_2 mittels zweier Riemenscheiben in entgegengesetzter Richtung (eine innerhalb der anderen) rotirt werden. Zwei äußere Kämme gehen von den isolirten Stützen für die Auslader $A_1 m$ und $A_2 n$ aus (die oben durch die Hartgummiplatte $c\,d$ verbunden werden); im Innern sind ebenfalls zwei zusammenhängende Saugkämme von der fixen Achse ausgehend. Ein Kopfstativ KSt_1 und ein Ozonisirungsapparat St_2 nebst dem Isolirschemel J und den nöthigen Leitungsschnüren bilden das Zubehör dieser Maschine. Außerdem sind noch für gewisse Zwecke die beiden Leidnerflaschen L_1 und L_2 (die jetzt viel kleiner und nur zum Einhängen

Fig. 174



an die Saugkämme eingerichtet sind), eine imperforirte Kopfhaube K_1, die Elektroden E und E_1, der Auslader D und die Ohrelektrode O auf dem Bilde ersichtlich gemacht. Man regt die Maschine an, indem man den beigegebenen Anreger mittels eines trockenen Tuchlappens (oder an die trockenen Kleider) reibt, die Auslader schließt, die Maschine (nach rechts) rotirt und den Auslader der Trommel von oben nähert. Ein Zischen giebt an, dass die Maschine angeregt sei. Bei

Drehung der Trommel nach	und Anregung von	ist die auf dem rechtsseitigen Saugkamme auftretende Elektricität	ist die auf dem linksseitigen Saugkamme auftretende Elektricität
rechts	oben	negativ	positiv
rechts	unten	positiv	negativ
links	oben	positiv	negativ
links	unten	negativ	positiv

Alle Wochen muss die Maschine geölt werden. Der leuchtende Bart zeigt die positive und die lichten Punkte die negative Elektricität an; umgekehrt an

den Ausladern. Übrigens muss noch einiges rectificirt werden. Benedikt hat gefunden, dass diese Maschine bei weitabstehenden Ausladern im Rotiren ihre Pole wechsle; ich konnte dies nie finden. Sperling sagt in der 5. Aufl. der Pierson'schen Elektrotherapie, dass die Maschine nach einiger Zeit salpetrige Säure erzeuge, wodurch die Trommeln leiden; dies ist unrichtig. Die Trommeln sind sehr gut lackirt und entwickelt sich überhaupt keine salpetrige Säure. Aber es ist nöthig, dass je nach dem Gebrauche, circa alle zwei Jahre einmal, die Trommeln frisch lackirt werden, was man entweder selbst thut oder beim Erzeuger besorgen lässt.

Leitungswiderstand. Charcot lenkte zuerst die Aufmerksamkeit darauf, dass schwerkranke Personen mitunter einen sehr bedeutenden Widerstand besitzen. Lewith fand den Widerstand bei Morbus Basedowii regelmäßig vermindert. Cardew fand auch dies Symptom in 15—20 Fällen. Bei einem an Steinkrankheit Leidenden fand er 3000 Ω und bei einem an Gesichtslähmung Leidenden, oft bei gleicher Stromstärke, gleichen Elektroden, gleichen Applicationsstellen bis 30.000 Ω. Cardew hat nun unter Hilfe von Reynolds auf den Abtheilungen von Samson, Ralfe und Anderson mit einem Strom von 6·4 Volts und 1·2 Ω und einem Galvanometer, das bei einem Widerstande von 200 Ω noch 0·0001 Amp. anzeigte, den Widerstand eines gesunden Menschen in 24 Stunden dreimal untersucht, abends, 10 Minuten später und nächsten Tages beim Aufstehen. Er hatte die Widerstände 2438·8, 4713 und 32.798 Ω bei feuchtem und warmen Wetter; dagegen bei trockenem und kalten Wetter 3167·2, 8941·6 und weit über 64.000 Ω. Bei einem mit der Brückenmethode untersuchten Menschen konnte Cardew den Widerstand von 80.000 auf 1900 Ω zurücksetzen, indem er denselben ein heißes spirituöses Getränk trinken ließ. Cardew untersuchte auch zwei Mumien aus dem Jahre 1779 stammend und fand sie absolut nichtleitend. Er ist der Meinung, die Leitungsfähigkeit zeige bloß den Zustand der Haut an. Eulenburg hat mit unpolarisirbaren Elektroden in sagittaler Richtung durch das Gehirn den Widerstand verschiedener Kranker und Gesunder gemessen und gefunden, dass vorwaltend bei functionellen Cerebralneurosen und Psychosen: in Form von Cephalalgie, Hemicranie, Chorea, Hysterie, Hysteroepilepsie, Melancholie, mehr oder weniger Steigerungen der Widerstandsminima (diese selbst 1220 Ω) über 2000 und selbst über 3000 Ω vorkommen. Dr. Silva und Dr. Pescarolo fanden, dass im Fieber-Exanthem bei Fettgehalt des Zellgewebes der Widerstand erhöht, bei heftiger Circulation und Morbus Basedowii aber vermindert sei. Vom Hirndruck ist derselbe unabhängig. Auch ist die Widerstandsgröße kein Gradmesser für die vasomotorischen Zustände der Haut. Außer Charcot und Vigouroux, Lewith und Eulenburg hat auch Seglas die bedeutende Herabminderung des Widerstandes bei Morbus Basedowii nachgewiesen. Letzterer konnte bei einer 27jährigen mit Exophthalmus und Herzpalpitationen Behafteten sogar aus dem verminderten Leitungswiderstande die Differentialdiagnose auf M. Basedowii stellen. Nach Boccolari und Bosari ist der elektrische Leitungswiderstand bei Paralytischen vermehrt. Frey und Wundscheid haben den faradischen Leitungswiderstand nach einer eigenen Methode gemessen. Sie fanden, dass er sich aus Körper und Hautwiderstand zusammensetzt, verhältnismäßig kleiner als der galvanische sei, und dass der Körperwiderstand (an verschiedenen Stellen verschieden) nie gegen den Hautwiderstand verschwindet. Gärtner fand, dass bei freiem Spiel des Hammers (und angelegten Elektroden) das Galvanometer doch einen Ausschlag gebe,

u. zw. im Sinne des Öffnungsstromes. Dieser ist der kräftigere und der Widerstand des Körpers ist ihm gegenüber geringer als beim Schließungsstrome.

Wirkungen der Elektricität. Apostoli hat schon im Jahre 1885 sich mit den antiseptischen Wirkungen der Elektricität befasst; am 28. April 1890 hat er der Pariser Akademie seine mit Laguerrière angestellten Versuche mitgetheilt, denen zufolge beide Pole des galvanischen Stromes (von einer gewissen Intensität), in ein Reagensglas eingebracht, in dem sich Bacterien befanden, dieselben abtödten; so hat ein Strom von 300 M. A. schon in 5 Minuten Milzbrandbacillen ganz steril gemacht. Ist der Strom schwächer, 200—250 M. A., so wirkt er nicht so sicher. Jeder einzelne Pol studirt, ergab, dass der positive Pol allein diese Wirkung habe, u. zw. beginnt schon bei 50 M. A. Abschwächung und bei 100 oder 150 M. A. ist die Wirkung constant. Der positive Pol hat außer seiner blutstillenden und kräftigenden Wirkung noch eine bacterientödtende, was bei der Behandlung der Metritis von Wichtigkeit ist. Unabhängig von diesen kamen auch Prochownik und Späth zu ähnlichen Resultaten. Sie versuchten zuerst beide Pole und dann den positiven Pol allein. Schon bei einem Strome von 60—80 M. A. vermochte der positive Pol Staphylococcus pyog. aureus, Streptococcus pyog. abzutödten. Stärkere Ströme sind nöthig, um Milzbrandbacillen zu sterilisiren, wogegen sie schon mit verhältnismäßig schwachen Strömen Gonococcen zu vernichten imstande waren. Sie versuchten dann auch, den Tripper beim Weibe mit dem constanten galvanischen Strome zu behandeln und die An anzuwenden — mit günstigem Erfolge. Bei der Elektrolyse der Uteringeschwülste rathen sie, womöglich immer (wo es nicht contraindicirt ist) den positiven Pol anzuwenden, — auf dass er in Fällen, welche nicht bacterieller Natur sind, ätzend und verschorfend einwirke. Spiker und Gottstein nahmen wahr, dass in wässerigen Lösungen die Bacterien schon durch Inductionsströme in einer Stunde sterilisirt werden oder doch wenigstens ihre Virulenz verzögern. Nach Arsonval vermehrt das Franklinische Bad beträchtlich die respiratorische Verbrennung, bei Thieren sowohl als bei Menschen. Bei der faradischen Elektricität finden große Schwankungen statt. CO_2 wird auch hier producirt, namentlich dann, wenn der Strom nicht stark genug ist, um Muskelcontractionen hervorzurufen. Der galvanische Strom hat keinen Einfluss auf den respiratorischen Gasaustausch der Organe. Stein will durch Belichtung mit 3—4 Volt-Glühlampen analgetische Wirkungen erzielen. Er hat Ischias, Lumbago, Nervenschmerzen, Rheumatismus etc. auf diese Weise geheilt. Die Belichtungsdauer beträgt 10—15 Secunden für den Kopf und 1—5 Minuten für die übrigen Körperregionen. Minor in Moskau fand, dass der galvanische Strom auf Rückenmark härtend wirkt, gerade so, als wäre es monatelang in Chromsäure gelegen (kataphorische Wirkung).

Einige elektro-physiologische Gesetze. Nach Hamburger hat die Athmungsfrequenz der Lunge elektromotorische Wirkungen. Bei einseitiger und beiderseitiger collateraler Faradisation sah Mott associirte Augenbewegungen. Interessant ist der Zusammenhang zwischen Rheumatismus, Gicht, Herzleiden, Asthma u. s. w. nach Küthe mit elektrischen Witterungsveränderungen.; Schmerz und Athembeschwerden wurden immer beobachtet, wenn ein Gewitter drohte, wenn Schnee zu erwarten war, bei geringen Graden von Nordlicht, kurz, wenn die Witterungsveränderungen elektrischer Natur waren. Es muss auf gewisse Beziehungen zwischen dem elektrischen Zustand

der Atmosphäre und dem Nervenstrom geschlossen werden (wo nicht der Nervenstrom auf Elektricität beruht, wie neuestens auch Werigo auf Grund seiner Untersuchungen mit dem intermittirenden Kettenstrome meint). Ehrmann suchte den Weg, den gelöste Stoffe bei der Kataphorese nehmen. Er nahm zwei ganz gleiche Gefäße, füllte sie mit Methylenblau, gab die Hände hinein und schloss den Strom von 10—20 M. A. Jene Hand, welche der Anode entsprach, zeigte den Talg und Haarfollikeln der Lanugohaare am Handrücken entsprechend blaue Punkte. — Machado in Lissabon fand, dass die Elektroden doppelt polarisirt werden. Er konnte in den stromlosen Elektroden noch Elektricität entgegengesetzter Richtung nachweisen. Dicke Schwämme dienen allenfalls hiegegen, ganz kann das beseitigt werden durch Verwendung unpolisirbarer Elektroden. Nach Fleischl haben Bewusstseinsvorgänge an der Hirnrinde galvanische Ströme ausgelöst. Er leitete symmetrische Stellen der Großhirnhemisphären mittels unpolarisirbarer Elektroden zu einem empfindlichen Galvanometer und reizte z. B. durch Lichtwirkung beide Augen, so fand ein Strom statt.

Elektrische Erregbarkeit. Bei der Ea R ist gesagt, dass sie alle Grade von der quantitativen Veränderung bis zur völligen Unerregbarkeit durchmachen kann. Stintzing hat dies auch wirklich nachgewiesen und 13 Varietäten der Ea R angegeben, von denen die ersten drei die höchsten Grade, die drei ferneren hohe Grade, die vier folgenden mittlere Grade und die drei letzten leichte Grade repräsentiren. I. Grad. Die höchsten Grade (complete Ea R) mit totaler Unerregbarkeit des Nerven. 1. Bei faradischer und galvanischer Unerregbarkeit des Nerven besteht faradische Unerregbarkeit des Muskels, während die galvanische Erregbarkeit des Muskels bald gesteigert, bald herabgesetzt und von träger Zuckung ist (bei symmetrischer Neuritis und progressiven Processen). 2. Der Nerv ist für faradische und galvanische Ströme unerregbar, der Muskel ist faradisch herabgesetzt und träge, galvanisch träge und herabgesetzt bis quantitativ normal erregbar (bei peripheren Lähmungen, Poliomyelitis, chronischer progressiver Bulbärkernlähmung). 3. Nerv ist desgleichen für faradische und galvanische Ströme unerregbar; der Muskel faradisch prompt zuckend, doch herabgesetzt, bis quantitativ normal erregbar, galvanisch herabgesetzt und träge (bei peripheren Lähmungen und progressiven Processen). II. Grad (hohe Grade) Ea R mit partieller Reaction vom Nerven aus (bei peripheren Lähmungen). 4. Nervenerregbarkeit galvanisch erloschen, faradisch herabgesetzt und träge; Muskelerregbarkeit faradisch erloschen, galvanisch träge und herabgesetzt bis quantitativ normal. 5. Nerv und Muskel ist faradisch quantitativ normal erregbar und träge; galvanisch ist der Nerv complet unerregbar, der Muskel erhöht erregbar, aber die Zuckung träge. 6. Faradisch ist der Nerv hochgradig herabgesetzt, zuckt aber prompt, der Muskel ist ebenso herabgesetzt, die Zuckung verläuft aber träge; galvanisch ist der Nerv absolut unerregbar; der Muskel herabgesetzt und träge. III. Grad (mittlere Grade), Ea R mit erhaltener Erregbarkeit, aber faradischer Zuckungsträgheit vom Nerven aus. Diese Gruppe gliedert sich in zwei Untergrade, *a)* bei galvanischer Zuckungsträgheit vom Nerven aus. 7. Der Nerv ist faradisch herabgesetzt und seine Zuckung träge; galvanisch ist der Nerv höchstgradig herabgesetzt und seine Zuckung ebenfalls träge; der Muskel ist faradisch unerregbar, galvanisch herabgesetzt und träge (periphere Lähmung). 8. Galvanische und faradische Erregbarkeit qualitativ normal, besteht bei träger Muskelzuckung; der Muskel ist galvanisch erhöht,

faradisch herabgesetzt bis erhöht bei träger Zuckung in beiden Fällen (bei peripheren Lähmungen, Nervendehnung und Poliomyelit. chron.). *b)* Bei prompter galvanischer Zuckung vom Nerven aus. 9. Der Nerv faradisch herabgesetzt bis bedeutend herabgesetzt, seine Zuckung träge, galvanisch, dagegen prompt bei hoch- bis höchstgradiger Herabsetzung; der Muskel ist faradisch herabgesetzt oder hoch- bis höchstgradig herabgesetzt und träge; galvanisch quantitativ normal erregbar bis herabgesetzt und seine Zuckung ebenfalls träge (bei peripheren Lähmungen, Erkrankung der vorderen Wurzeln progressiver Bulbärkernlähmung). 10. Galvanisch ist die indirecte Erregbarkeit vom Nerven aus prompt mit normaler Zuckungsformel, die Muskelerregbarkeit ist auch prompt, doch bedeutend herabgesetzt. Die faradische Erregbarkeit verläuft bei Reizung des Nerven und direct des Muskels träge, nur beim Muskel ist sie noch mehr herabgesetzt als beim Nerven (multiple Neuritis). IV. Grad (niedrige Grade), Ea R mit prompter Zuckung vom Nerven aus (partielle Ea R). 11. Die Nervenerregbarkeit ist galvanisch und faradisch prompt, aber hochgradig bis höchstgradig herabgesetzt; die faradische Muskelerregbarkeit ist erloschen, die galvanische Erregbarkeit erhöht, bis hochgradig erniedrigt und träge (bei peripheren und diphtheritischen Lähmungen). 12. Die galvanische und faradische Nervenerregbarkeit ist prompt und herabgesetzt bis quantitativ normal erregbar. Die Muskelzuckung verläuft galvanisch und faradisch träge. Faradisch herabgesetzt, galvanisch erhöht, bis quantitativ normal. (Nervendehnung, progressive Bulbärkernlähmung.) 13. Prompte und herabgesetzte galvanische und faradische Erregbarkeit vom Nerven aus, Muskel faradisch prompt und herabgesetzt, galvanisch erregt und träge (bei atrophischer Spinallähmung und peripherer Lähmung, sowie Nervendehnung). Nach A n f i m o w, B o c c o l a r i, B o s a r i und G e r l a c h ist die elektrische Erregbarkeit der motorischen Nerven bei Paralyse im allgemeinen herabgesetzt. Boccolari und Bosari fanden auch bei Epileptischen während des Anfalles quantitativ herabgesetzte Erregbarkeit. R u m p f fand die quantitative Erregbarkeit herabgesetzt bei der traumatischen Neurose. S c h a f f e r fand angeblich bei Hysterie, entgegen den landläufigen Angaben, dass Muskel- und Nervenerregbarkeit intact seien, bei hysterischer Hemiplegie quantitative und qualitative Störungen vorhanden seien, die sich bei Besserung des Zustandes ebenfalls verlören (?!). Bei primärem Muskelschwunde hat E i s e n l o h r, Fr. S c h u l t z e und Z i m m e r l i n Ea R gefunden, bei Trichinosis H o e p f e n und N o n n e, bei cerebralen Lähmungen E i s e n l o h r. Aber die Erregbarkeit der motorischen Nerven blieb intact. Die directe faradische Erregbarkeit war etwas vermindert, die directe galvanische Erregbarkeit zeigte sich als träge Form der Zuckung; wenn auch nicht so typisch wie bei der Ea R. J o l l y hat neuerdings Untersuchungen über das elektrische Verhalten der Nerven und Muskeln bei der T h o m s e n-schen Krankheit angestellt. Er fand, dass, wenn man wiederholt ohne größere Pausen galvanisch oder faradisch reizt, die Zeiträume der Contractionen immer kürzer werden und dass die Nachdauer schließlich ganz verschwindet. Die Muskeln verhalten sich dem elektrischen Reize gegenüber geradeso, wie beim Willensreize. J o l l y ist geneigt, anzunehmen, dass die, die Contraction erregende Substanz in größerer Menge gebildet und weniger rasch fortgeschafft wird. Er möchte daher als Ursache des pathologischen Verhaltens der Muskeln bei der T h o m s e n'schen Krankheit eine Störung des Chemismus ansehen, die sich auf gewisse histologische Veränderungen zurückführen ließe. Der Acusticus ist wiederum etwas in den Vordergrund der Controverse

getreten. Den Anstoß dazu gab Gradenigo.[1]) Was die Modalitäten der elektrischen Reaction anbelangt, fand er unter vollkommen normalen Bedingungen nur ausnahmsweise etwa in 6% der Fälle und bei Stromstärken von 16 M. A. Reaction. Dieser Erregbarkeit begegnet man aber in gewissen Erkrankungen des Gehörapparates und bei gewissen intracraniellen Erkrankungen viel häufiger. So z. B. pflegen unter den Ohrerkrankungen sich mit Hyperästhesie des Acusticus zu präsentiren: Acute und subacute, eiterige Entzündung des äußeren und mittleren Ohres (circa 100%), dagegen kommen nicht mit Übererregbarkeit vor: Die Ausgänge eiteriger Entzündung des Mittelohres mit Perforation des Trommelfelles, die Erkrankungen des percipirenden Apparates, Caries des Felsenbeines (0%). Eine Mittelstellung nehmen ein: Die sclerosirende Otitis mit Betheiligung des inneren Ohres, subacute und chronische Mittelohrentzündung und begrenzte und diffuse äußere Ohrentzündung. Die elektrische Erregbarkeit des Acusticus steht demnach immer mit schweren Processen im Gehörgange im Zusammenhang. Bei intracraniellen Erkrankungen verursachen jene eine Steigerung der Erregbarkeit des Acusticus, welche mit Entzündung des Sehnerven einhergehen, also Tabes, Sclerose, Albuminurie und Syphilis. Die Steigerung der elektrischen Erregbarkeit ist immer doppelsinnig, wenn auch die auf dem erkrankten Ohre beträchtlicher ist. Die elektrische Übererregbarkeit variirt innerhalb weiter Grenzen, und ist abhängig von den veranlassenden krankhaften Vorgängen und von dem Einflusse zufälliger Ursachen. Weiters findet Gradenigo, dass der N. acusticus unter günstigen geeigneten Versuchsbedingungen analog den anderen sensiblen und motorischen Nerven reagirt, das heißt K S Kl, K D Kl, An O Kl, An S Kl, An D Kl und K O Kl. Häufig ist der Klang der drei ersten Reactionen verschieden. Mitunter kann man wahrnehmen, dass K S Kl und An O Kl vertreten wird durch An S Kl und K O Kl. Die elektrische Reaction vollzieht sich im Stamme des Acusticus und in seinen peripherischen Verästelungen durchaus nicht im percipirenden Endapparate; denn man bekommt bei completer Zerstörung desselben (Otitis interna) doch die typische Reaction. Weiters sagt Gradenigo[2]), dass die elektrische Prüfung des Acusticus eine klinische Untersuchungsmethode darstellt, welche viel feiner ist, als die functionelle Prüfung, dass sie in zweifelhaften Fällen ein diagnostisches Mittel sei, durch welches man die Mitbetheiligung des Hörnerven bei endocraniellen Erkrankungen in vielen Fällen nachweisen kann. Auf diese Publicationen Gradenigo's antworteten Othologen und Elektrotherapeuten. Laroche und Benedikt behaupteten, fast immer elektrische Reactionen des Gehörnerven zu bekommen, während Pollak und Gärtner die elektrischen Reactionen bei Gesunden fast nie zu erhalten vorgaben. Daraufhin untersuchte Gradenigo abermals 200 Personen und theilte seinen Bericht im Archiv für Ohrenheilkunde im XXVII. Bande im dritten und vierten Hefte mit. Von diesen 200 Behandelten meldeten sich als ohrgesund 69; Gradenigo aber fand nur 45 Ohrgesunde, von denen er sechs nicht untersuchen konnte, so dass nur 39 zur Untersuchung blieben, von denen 5 die Reaction ergaben, somit 12·82%. Von den 24 sich als ohrgesund Gemeldeten erhielt Gradenigo bei 14, somit bei 58·16%, Reaction. Gradenigo schließt daraus, dass alle Reactionen, welche bisher publicirt worden sind und bei welchen man nicht vorher durch aufmerksame,

---

[1]) Centralbl. für die med. Wissenschaften. Nr. 39, 40 und 41, 1888.
[2]) Archiv für Ohrenheilkunde. XXVIII Band, pag. 116.

functionelle und objective Untersuchung festgestellt habe, dass sie nicht ohrkrank sind, nicht zu berücksichtigen wären. In zweiter Richtung wendet sich Gradenigo gegen die Ansicht, als hänge die Reactiou des Acusticus ab von der Verminderung des Leitungswiderstandes im Ohre. Dieser Meinung sind nämlich Benedikt, Bernhard, Pollak und Gärtner. Gradenigo ist auf Grund seiner Untersuchungen der Meinung, dass für die größte Anzahl der leichten Reactionen in der Steigerung des N. acusticus die Ursache zu suchen sei. Lombroso und Coën sprachen sich nicht für die Bedeutung der Reactionen des Acusticus für intracranielle Erkrankungen aus, wie Gradenigo, sie sagten vielmehr, dass die Umkehrung der Formel durchaus nicht den Wert habe, den die Ea R bei peripheren Nerven hat. Dagegen geben sie den therapeutischen Wert der elektrischen Acusticusbehandlung zu.

Suggestion. B. J. Möbius hat die Wirkungen der Elektricität nur auf Suggestion zurückgeführt; er sagte im Schmid'schen Jahrbuch, CCXXIX, pag. 81, die Elektrotherapie wirke nur als Suggestionsmittel und nicht so wie Quecksilber auf die Gewebe. — Dagegen, dass die Elektricität nicht als Suggestionsmittel wirke, vielmehr ihr reelle Wirkungen zukommen, hat schon C. W. Müller in den Beiträgen zur praktischen Elektrotherapie in Form einer Casuistik, Wiesbaden 1891, genugsam geschrieben und eigentlich die Behauptuug Möbius' ad absurdum geführt. Ich wende mich hier vorzugsweise gegen jene Stelle Möbius', wo der Mercur als auf die Gewebe wirkend, hingestellt wird. Möbius sollte doch so gut sein, vorerst die Wirkungsweise des Mercurs auf die Gewebe der V. Abtheilung des Wiedener Spitales, welche vorigen Jahres in der Wiener med. Zeitschr. und dann auch in einer Broschüre (von Eligius Hacker) dagegen eiferte, dass der Mercur eigentlich auf die Gewebe gar nicht wirke . . . . . . zu explaniren, die würde ihm Dank dafür wissen; übrigens hat sich auch Billroth in demselben Sinne abweisend geäußert etc. Im übrigen soll Möbius auch durch die hier aufgeführte Casuistik widerlegt werden. In Amerika hat Starr die physiologische und therapeutische Leistung des elektrischen Stromes verkleinert; ihm haben jedoch Gray, Birdsall, Fischer, Rockwell und Bull mannhar geantwortet. In Heft Nr. 41 der „Berliner Klinik“ vom November 1891 hat Moll aus Berlin in einem Pamphlete als medicinischer Nihilist jede und alle Heilwirkung der Elektricität geleugnet, die elektrischen Curen nur auf Suggestion und Zufall beruhend erklärt, aber wie Möbius postulirt, dass weiter elektrisirt werden soll. Sonderbarerweise wird nur die Elektrotherapie von solchen Herren behandelt; warum nicht auch die Hydrotherapie. die Massage und alle die anderen Specialfächer der praktischen Heilkunde?! Nun, Herrn Moll rathen wir, Prof. Ludwig Kleinwächter's classische Schrift, die als October-Novemberheft der „Wiener Klinik“ 1891 erschienen ist, zu leseu. Er wird auch durch C. W. Müller's praktische Abhandlung widerlegt, wie auch die folgenden Blätter ihn widerlegen sollen. Und noch Eins: An Kliniken oder Ambulatorien werden die Wenigsten geheilt, weil eine Person in einer Stunde nicht ausreicht, um alle Hilfesuchenden zu elektrisiren; gewöhnlich kommen dann Wärter oder Mediciner oder Volontärs zu Hilfe, die nicht die nöthigen Kenntnisse haben; aber wie elektrisirt wird, und nicht ob nur elektrisirt wird, kommt es in erster Linie an.

Facialislähmungen habe ich in den letzten drei Jahren in großer Zahl behandelt; ein Tramwayconducteur, der sonst auch, und vergebens

elektrisirt wurde, kam mit completer Parese des Facialis zu mir und wurde (nach den bekannten Principien behandelt) in 8 Monaten wieder dem Dienste zurückgegeben. Wo bleibt also die Suggestion das erstemal (wo er bereits 5 Monate lang behandelt wurde)? Ein Hofrath hatte durch Zug eine Lähmung des rechten Facialis erlangt, die elektrische Reaction ergab Ea R. Ich stellte die Prognose auf 7—8 Wochen. Sie war nach 6 Wochen fast ganz gewichen.

Augenmuskellähmungen. Drei Fälle von Augenmuskellähmungen, von mir in letzter Zeit behandelt, seien hier in aller Kürze referirt. Der erste betraf einen Officier. Er sah Alles doppelt (Abducenslähmung). Er konnte fast gar nicht gehen, stieß an jedermann an, konnte auch nicht Dienst machen, so dass das Leiden einen ziemlichen Grad von Unerträglichkeit erreicht hatte. Er kam zu mir und sagte mir, dass er leider von der Elektricität auch nichts hoffe, dass er aber auf Drängen eines Oculisten sie auch noch versuchen wolle. Ich wandte Ka in das Jugulum, An 100 cm^2 auf die contralaterale Seite an den Hals mit 1 M. A., sodann Galvanisation und Galvanofaradisation abwechselnd am Abducens an. Nach der ersten Elektrisation konnte er, wenn auch mit großer Mühe, frei nach Hause gehen. Das nächstemal kam er schon vertrauungsvoller. Nach dem fünften Elektrisiren konnte er bereits ohne Mühe frei herumgehen und seinen Dienst antreten. Zwei Rauchfänge, die von meinem Fenster zu sehen waren, dienten ihm täglich als Probe für die Entfernung der Objecte. Endlich sagte er mir nach 15 Sitzungen, dass er beide Rauchfänge in normaler Entfernung sähe; die Augenachsen, die zu Beginn der Therapie weit von einander abstanden, waren am Ende der Behandlung parallel. Er gestand mir, dass er an den Wirkungen der Elektricität gezweifelt hatte und doch hat sie ihm geholfen. Die anderen zwei Fälle betrafen eine Lähmung des geraden inneren Augenmuskels und eine Lähmung des Abducens. Beide heilten unter 35 resp. 40 Sitzungen. Nach Buzzard wird bei Augenmuskellähmungen ein Strom von 1·5—2 M. A. angewendet; dieser wird mittels einer 100 cm^2 großen Elektrode auf dem Nacken und dem Auge durch den mit feuchtem Mousselin bedeckten Finger zugeführt. Diese Methode gestattet bequeme Dosirung und Controle des angewandten Stromes. Die Resultate sind gut, die einzelnen Muskeln kehren aber nicht gleichzeitig zur Norm zurück.

Lähmung der Armnerven. Mit Schlaflähmung des Radialis kam vor zwei Jahren ein Werkmeister einer Fabrik zu mir. Er wurde mit R N Str und R Sy Str behandelt und in 50 Sitzungen geheilt. Eine Frau hatte Ulnaris- und Medianuslähmung, die Hand war nicht zu gebrauchen. Verschiedene Badebehandlung und Einschmierungen — selbst Pistyán konnte nichts helfen, endlich kam sie in meine Behandlung. Ich behandelte die befallenen Nerven, auch das Rückenmark galvanofaradisch, in 40 Sitzungen war bis auf einen kleinen Rest der Ulnarislähmung alles behoben und diese in 30 weiteren Sitzungen behandelt und dann Patientin geheilt entlassen.

Diphtheritische Lähmungen. Von diesen sollen zwei von mir behandelte Fälle in aller Kürze referirt werden. Der eine betraf einen jungen Mann, der mir von Dr. Wschiansky zugeschickt war. Er hatte nach Diphtheritis zunächst Gaumensegellähmung, dann Armlähmung und später unter tabischen Erscheinungen complete Paraplegie. Das hervorragendste Symptom war die Lähmung aller vier Extremitäten. In diesem Zustande bekam ich ihn in Behandlung. Ich untersuchte ihn zunächst elektrisch und

fand die Erregbarkeit der Nerven und Muskeln bedeutend herabgesetzt. Ea R wurde nicht nachgewiesen, die Sehnenphänomene waren vermindert, ich fand complete Ataxie, kurz tabische Erscheinungen. Ich behandelte ihn mit R Str, R Sy Str, R N Str mit 100 cm^2 Elektroden bei 1 M. A. und Galvanofaradisation. Zwölfmal wurde er behandelt. Patient konnte die beiden Arme theilweise gebrauchen. Nach 20 Sitzungen konnte er schon, wenngleich langsam und humpelnd, Gehversuche machen und zu mir in die Ordination kommen. Nach weiteren 20 Sitzungen war er vollkommen geheilt. Auch Suggestion? Ein anderer Fall betraf eine junge Officiersfrau, mir durch Dr. Deimel zugewiesen. Sie ward Primipara. Das Kind hatte Diphtheritis durchgemacht und die junge Frau bekam auch Halsweh, darauf Schlingbeschwerden, hatte einige Tage mit der Sprache zu kämpfen, bekam dann Schwäche in den Beinen, konnte nicht mehr Stiegen steigen, schließlich kaum mehr noch auf dem Boden gehen. Als ich kam, fand ich keine Sehnenreflexe, verminderte Reaction der Nerven und Muskeln, keine Ea R, fast vollkommen Ataxie. Die Symptome haben also allmählig bis zum höchsten Grade zugenommen. In diesem Zustande nahm ich die junge Frau in Behandlung. Ich wandte R Str, R N Str, R Pl Str, R Sy Str und Galvanofaradisation des Rückens und der Extremitäten an. Täglich besserte sich von dem Tage der ersten Elektrisation an der Zustand (der sich bis zum Elektrisiren stetig verschlimmert hatte), und nach sechswöchentlicher Behandlung war Patientin fähig, selbst auszugehen, Stiegen zu steigen, kurz sie war vollständig genesen, die gesunkene Muskel- und Nervenreaction vollständig retablirt.

Blepharospasmus habe ich in der letzten Zeit mehrmals behandelt; von diesen sei hier ein Schlosser angeführt, der sich einen Eisensplitter ins Auge gebracht hatte. Die Augen, infolge Blepharospasmus fest zusammengekniffen, thränten beständig und es war nicht möglich, sie zu öffnen. Die Lidspalten sehr klein, die Sehschärfe normal, vom Eisensplitter keine Spur. An an den Nacken Ka contralateral an das Ganglion supr. symp. (erstere 120 *cm*, letztere 80 *cm*, 2 M. A. 1 Min.) und dann labil mit einer kleinen Ka (An an den Nacken) bei 1 M. A. um die Augen. Patient konnte die Augen nach der 10. Sitzung öffnen, nach 30 Sitzungen war er geheilt entlassen.

Neuralgien. Betreffs der Neuralgien stehe ich trotz alledem noch immer auf dem Standpunkte der Polarität; hundertmal habe ich bei Behandlung von Neuralgien den negativen Pol an das Punctum dolor. applicirt und fast nie den Schmerz gestillt. Es ist wahr, leichte Fälle heilen allerdings auch unter der Ka bei schwachen Strömen; aber schwere nie. Darum ist es bei mir Grundsatz geworden, die schmerzstillende Wirkung der An, auf die Punct. dol. der Neuralgie anzusetzen. Ich hätte durch das Experiment selbst hierauf kommen müssen, ganz abgesehen davon, dass anderweitige Reflexionen mich dahin geführt haben. Vor drei Jahren elektrisirte ich einen Priester wegen einer heftigen Supraorbital-Neuralgie mit schwachen Strömen vergeblich. Zu starken Strömen übergehend, versuchte ich die Ka; auch vergebens. Ich wandte nun, ohne dass Patient etwas wusste, den Strom im metallischen Theile der Leitung auf die An und plötzlich rief der Kranke aus: „Jetzt hat der Schmerz, der schon seit Jahren mich unausgesetzt quälte, sich besänftigt, er hat aufgehört.“ Ich behandle somit alle Neuralgien, indem ich eine Elektrode von der Größe, wie sie auf dem schmerzhaften Punkt angebracht werden kann, bis zu 100 cm^2 applicire, die Ka indifferent aufsetze, ebenfalls 100 cm^2 groß und dann mit dem Strome allmählig steige auf 2 M. A., wenn nöthig, noch mehr (bis 4 M. A.). Über 100 Neuralgien

habe ich in den letzten drei Jahren auf diese Weise geheilt und nur einmal hat mich diese Methode im Stich gelassen, und Patientin musste operirt werden. Aus der Fülle der Fälle hier einige. Eine Frau aus meiner Nachbarschaft hatte Supraorbitalneuralgie. Alle Tropfen und Einschmierungen, kurz alle Medicamente waren nutzlos. Die Schmerzanfälle steigerten sich derart, dass Patientin laut schrie, so dass die Nachbarn zusammenliefen, fragend, was es gäbe. Keine Ruhe bei Tag und Nacht . . . . . In diesem Zustaud kam sie zu mir; ich elektrisirte sie, wie ich erwähnte, die Schmerzen hatten für Stundeu ausgesetzt und waren überhaupt nicht mehr in dieser Heftigkeit aufgetreten. Des andern Tages fand vollkommene Remission der continuirlichen Schmerzen statt, die nur mehr anfallsweise auftraten. In 10 Sitzungen war sie geheilt. Ein Hauptmann hatte eine Supraorbitalneuralgie seit 27 Jahren. Alle Medicationen, mehrfache Badecuren, Landaufenthalt und Klimawechsel waren vergebens. Sie brachten höchstens mehrwöchentliche partielle Remissionen. Das Leiden hatte mit zunehmendem Alter eine Form angenommen, wo der Schmerz beständig war, bei Tag und Nacht und vormittags und nachmittags heftige Exacerbationen auftraten, die häufig die Nachtruhe störten. Ich elektrisirte ihn nach vorerwähnter Methode circa 10mal, die Schmerzen kamen unregelmäßig bei Witterungswechsel, scharfen Speisen und im Aufregungszustande. Nach 10 Monaten war der Kranke fast geheilt. Im nächsten Jahre kam er höchstens alle 6—8 Wochen einmal nud dann meldend, dass er dauernd geheilt sei. Ein Beamter hatte eine Neuralgie des ersten und zweiten Astes des Trigeminus schon seit 12 Jahren. Die Anfälle kamen anfangs alle 10—12 Wochen einmal, schließlich alle 14 Tage und endlich seit fast 2 Jahren täglich zu gewissen Zeiten regelmäßig und die Nachtruhe raubend. Er konnte nicht ausgehen, ohne fürchten zu müssen, dass er vor Schmerzen heimkehreu würde. Endlich kam er zu mir und wurde, wie erwähnt elektrisirt. Nach acht Sitzungen waren die beständigen Schmerzen vorüber; die Exacerbationen kamen nur gegen 12 Uhr mittags und an kalter Luft. Die Nächte waren schmerzlos. Nach 25 Sitzungen wurde Patient entlassen u. s. w. Während der letzten Iufluenza-Epidemie hatte Dr. Frankl-Hochwart 10 Patienten mit Neuralgie verschiedener Äste des Trigeminus beobachtet. Die meisten jugendlichen Individuen wareu hereditär unbelastet und hatten nie Malaria gehabt; zwei Patienten hatten schon an Neuralgie gelitten. Der Schmerz setzte während des Fiebers ein; fünfmal wird er an besondere Stunden gebunden, der Verlauf ist meist gutartig, nach 5—10 Sitzungen erfolgt die Heilung. Die Therapie bestand in faradischer Pinselung, Einschaltung des Nerven zwischen die beiden Pinsel. Der faradische Strom wurde mauchmal anschwellen gelassen, das ursprünglich von Duchenne und Mayer geübte Verfahren hat Frankl-Hochwart bei zumeist schweren Fällen von Neuralgie angewendet und bei 64 Iudividuen Heilung oder Besserung erzielt. Professor Anton berichtet über zwei Fälle von Psychosen, die sich an Supraorbitalneuralgien angeschlossen. Durch Behandlung der Neuralgie mittels faradischen Stromes hat sich auch die Psychose gebessert.

Intercostalneuralgien. Eine Frau der arbeitenden Classe kam zu mir mit der Angabe, dass sie vor Rippenschmerzen nicht stehen noch liegen könne. Der Schmerz wurde genau zwei Rippenbögen entsprechend angegeben. Druckpunkte wurden in der Parasternallinie und am Sternum genau localisirt. Ich versuchte die Franklinisation 10 Min. Büschelausstrahlungen auf die schmerzenden Stellen. Fünf Sitzungen waren fast erfolglos vorübergegangen,

nach der sechsten Sitzung endlich begannen die Schmerzen nachzulassen und nach weiteren sieben Sitzungen war Patientin geheilt. Ein Officier kam mit Schmerzen in einem Zwischenrippenraume, wo sich ein Schmerzpunkt am Sternum und einer an der Wirbelsäule nachweisen ließ, zu mir; ich behandelte ihn mit der Doppelbürste und erzielte in 15 Sitzungen Heilung. Ein Arzt hatte Intercostalneuralgie, Druckpunkt am Sternum deutlich markirt. Ich setzte die An des constanten Stromes an 100 cm^2, die Ka ebenso groß gegenüber am Rücken 4 M. A., hielt constant mit Ausschleichen und entließ ihn nach fünf Sitzungen.

Hodenneuralgien. Ein Fabrikant hatte vor 21 Jahren eine Mastdarmfistel und bekam im Gefolge derselben Hodenneuralgie. Die Mastdarmfistel wurde mehrmals operirt; die Hodenneuralgie kam alle Jahre fünf- bis sechsmal, jedesmal für einige Tage. In den nächsten Jahren kam sie schon häufiger und länger (für je 14 Tage) . . . . . u. s. f., bis allgemach der Zeitpunkt erschien, wo Patient sechs Wochen im Bette zubringen musste, um drei bis vier Wochen außer Bette zu sein. In der Bettruhe mäßigte er etwas die foudroyant auftretenden Schmerzen, die zumal im linken Hoden ihren Sitz hatten und bei heftigen Exacerbationen bis in die Leistenbeugen und die Oberschenkel, sowie den Bauch ausstrahlten, mit kalten Umschlägen und mit Druckverbänden. Die Mastdarmfistel kam wieder und es gesellte sich noch beiderseitige Varicocele hinzu. Ich untersuchte ihn und sagte ihm, dass ich ihn nicht in Behandlung nehmen könnte, solange er nicht operirt sei, da ich congestive Zustände in den Hoden als Ursache der häufig recrudescirenden Neuralgien ansehen müsste. Er gieng in das Rudolfinerhaus und wurde dreimal an den beiden Varicocelen und der Mastdarmfistel operirt; dann nahm ich ihn in Behandlung. Ich ließ mir ein Näpfchen aus Hartgummi anfertigen, in dem ein Platindraht spiralförmig in einer Rinne frei zu Tage lag, durch den Boden hindurchgieng und mit dem positiven Pol verbunden wurde. In das Näpfchen kam überdies ein Gazestoff und es wurde mit Salzwasser gefüllt. Das war die Hodenelektrode. Die ganzen Hoden sammt dem Hodensack kamen hinein, an den Apparat kam die An, die Ka 100 cm^2 kam an das Kreuzbein, 4 M. A., 10 Min. Dann wurde außerdem noch stationsweise der Rücken, beiderseits am Halse und an den Ausstrahlungen der Schmerzen galvanisirt. Seitdem ich den Kranken zu elektrisiren begann, ist er nicht mehr bettlägerig gewesen; er konnte auf sein, in das Theater, auf die Jagd gehen, alle Vergnügungen mitmachen, alle Geschäftsreisen besorgen und außerdem noch alle Strapazen, die die Thätigkeit seiner Fabrik mit sich bringt, wieder auf sich nehmen. Die Schmerzen blieben anfangs unregelmäßig aus, dann kam wieder eine Zeit, wo er gehen konnte, aber Schmerzen hatte. Hierauf kamen die Schmerzen nur alle 10 Wochen ein- bis zweimal und schließlich seit $1^1/_2$ Jahren gar nicht. Ist das auch Suggestion? In gleicher Weise habe ich noch drei Fälle behandelt, ein Oberlieutenant blieb mir aus der Behandlung aus, die zwei andern wurden geheilt.

Ischias habe ich während der letzten Influenza-Epidemie, sowie vorher und nachher vielfach behandelt. Folgender Fall möge etwas näher gewürdigt werden. Er betraf einen Hofrath, mir von Hofrath Dr. Kusy zugeschickt. Seit längerer Zeit an Ischias laborirend, hätte er die Nachtruhe complet eingebüßt; er konnte zur Noth gehen, aber weder sitzen noch liegen, ohne an sein Leiden in der schlimmsten Weise erinnert zu werden. Ein Heer von Mitteln wurde angewendet und nicht einmal die Nachtruhe dadurch

erreicht. Er kam zu mir in Behandlung, RStr, R Isch, mit 100 cm^2 großen Elektroden, 1 M. A., 1 Min. und konnte gleich das erstemal die Nacht schmerzlos zubringen. Er wurde 30mal elektrisirt und stetig besserte sich der Zustand bis zur completen Heilung. Da er Rheumatiker ist und auch an Gicht leidet, erachtete ich die Heilung für nichtdauernd. Aber fünf volle Jahre vergiengen, ohne eine Spur des Leidens, was Bürge genug für den Erfolg ist. Eine Officiersfrau hatte eine refrigeratorische Ischias; in 10 Sitzungen Heilung. In einem Falle war bei einem Mädchen die Diagnose auf Coxitis gestellt worden und ist das Mädchen lange Zeit in einem Gipsverband gelegen, obgleich es über heftige Schmerzen geklagt hatte. Ich constatirte Ischias; nach 15 Sitzungen war sie genesen. Bei einem anderen anämischen Mädchen konnte ich nur mit Stromdichte $^1/_{100}$ vorgehen. Weiß gibt an, die An auf Schmerzdruckpunkte, die Ka auf das Kreuzbein zu setzen, oder nach Benedikt die eine Elektrode auf das Os sacrum, die andere in den Mastdarm zu geben. Ciniselli gibt eine blanke Kupferplatte an, die an das Os sacrum kommt, und eine Zinkplatte an die hintere Peripherie des Schenkels einen Tag liegen zu lassen. Hier ist der Kupferpol der negative.

Migraine behandelte ich oft, sowohl die spastische, wie auch die paralytische Form. Ich hielt mich auf Grund meiner Erfahrungen an die Angaben von Dr. Holst, erweitert durch die Angaben Dr. C. W. Müller's, bei angiospastischen Formen die An an den Vagus Symp. 16 cm^2 und die Ka an das Centrum ciliospinale 100 cm^2 groß anzusetzen, und 2—3 Min. mit Strömen von 2—3 M. A. vorzugehen; bei angioparalytischer Migraine kommt die Ka an den Vagus Symp., die An dagegen an das Centrum ciliospinale. Auch 2—3 M. A., doch im ganzen $^3/_4$—1 Min. Manchmal bei Anämischen nehme ich auch die faradische Hand an der von der Migräne befallenen Kopfhälfte. In drei Fällen habe ich die Franklinische Douche angewendet. Der eine betrifft eine junge Frau, die bei der Pflege ihres Kindes mit „Vierzigern“ Tag und Nacht allein um das Kind war, nicht schlief, appetitlos war und eine heftige Migraine bekam. Ich franklinisirte sie und lud sie mit positiver Elektricität am Ende jeder Sitzung. Die Appetitlosigkeit verlor sich mit der Migraine nach zwanzig Sitzungen. Patientin war nach zwei Jahren bei mir, um mir zu versichern, dass sie noch gesund sei.

Coccygodynie. Nach Gräfe besteht die Therapie in Faradisation wie die eine Elektrode auf das Kreuzbein, die andere Elektrode auf das Steißbein oder die Umgebung. Drei- bis fünfmalige Faradisation genügt.

Dementia acuta. A. Robertson berichtet, dass er ein zwanzigjähriges Mädchen, welches seit zwei Monaten an Dementia acuta, der ein kurzes Erregungsstadium mit Hallucinationen vorausgegangen war, litt, mit Hitze und Elektricität behandelt habe. Sie wurde mit 45° heißem Wasser, später mit Eis, dann mittels Massage und zum Schlusse mit dem constanten Strome behandelt — 2—4 M. A. longitudinal durch den Kopf — und erst jetzt erholte sich das Mädchen. Robertson hat bereits einen Fall von Katalepsie in der Weise mit Erfolg behandelt.

Traumatische Hirnapoplexie. Ich habe viele Apoplexien behandelt, jede wenigstens mit einigem Erfolg. Apoplexien, welche Hemiplegien verschuldet hatten, haben sich gebessert; vom Tage, wo mit der Elektrisation begonnen wurde, war der Fortschritt zu verzeichnen. Indessen will ich hier als Beispiel einen bekannten Arzt anführen. Am 25. Juli 1891 stürzte er kopfüber und bekam eine traumatische Hirnapoplexie; er konnte den rechten

Arm absolut nicht gebrauchen und kaum sprechen. Er ließ sich eine Batterie bringen und sich elektrisiren. Sogleich nach dem Elektrisiren trat Besserung auf. R St, R Sy St, R N Str an den Ober- und Unterextremitäten, 100 cm^2 große Elektroden, 1 M. A., jedesmal 1 Min. Innerhalb 14 Tagen konnte er den Arm theilweise gebrauchen, später ganz. Dann kehrte er vom Lande heim und es musste infolge dessen einige Tage das Elektrisiren sistirt werden. Sofort gieng es ihm schlimmer. Es verschlechterte sich die Sprache und ließ die Hand in der Gebrauchsfähigkeit nach. Nun fieng er wieder an zu elektrisiren und abermals mit Erfolg. Es gieng ihm gleich wieder besser. Er schlief besser, sprach deutlicher und konnte die Hand besser gebrauchen. Vier Wochen danach wollte er versuchen, ob es vielleicht auch ohne Elektrisiren gienge und setzte 14 Tage aus. Abermals kein Fortschritt; er gieng zwar nicht zurück, aber er konnte genau merken, dass das Sprechen und die Handbewegungen stabil nicht im geringsten geändert waren. Mit dem Wiederbeginne der elektrischen Sitzung trat abermals ein Fortschritt, selbst jenen Personen, die nicht wussten, dass er elektrisirt werde, erkennbar auf. Seither wird er wieder elektrisirt, arbeitet wieder, geht seinen Beschäftigungen nach, kurz in 7 Monaten war er ganz geheilt. Er hat sich nur ungern elektrisiren lassen. Das Ausziehen und die Kälte waren ihm lästig; er war fürwahr nicht suggestionirt und doch.

Pachymeningitis cervicalis. Einen Landesschulinspector hatte mir Dr. E. Pernitza zugewiesen; er hatte im Herbste bei offenem Fenster gearbeitet und ward es selbst erst gewahr, als er nicht mehr den Kopf rühren konnte. Nach Hause gebracht, hatte er Nackenschmerzen bei spontanen Bewegungen, noch mehr bei Berührung der Nackenhaut. Er hielt den Kopf steif, eine Partie, entsprechend dem vierten Halswirbel bis zum ersten Brustwirbel, war bretthart anzufühlen, die Bewegungen der Finger beeinträchtigt. So lag er bereits acht Wochen, als ich zu ihm kam. Ein ganzes Heer von inneren Medicamenten, von Umschlägen, Kataplasmen, Senftteig etc. wurde vergebens versucht, ohne eine Bewegung zu bringen. Ich legte die Anode auf diese ganz steife Partie 200 cm^2; die Ka ebenso groß auf das Sternum, und wandte 3, später 4 M. A. an. Unter dieser Behandlung besserten sich zusehends die Hände, die bretharte Infiltration im Nacken schwand, der Nacken war weder spontan schmerzhaft, noch bei Druck empfindlich — nach 6 Wochen. Hier sei noch ein Fall von Spondylitis cervicalis mit Pachymeningitis cervicalis von Dr. Schreiber, mittels hydroelektrischer Bäder behandelt, erwähnt. Eine 54jährige Frau, die 19mal geboren hatte, an Rheumatismus, seit 25 Jahren an Herzklopfen, Asthma und dem Magen litt, erkrankte vor 6 Monaten mit heftigen Genick- und Rückenschmerzen und war seit 4 Monaten bettlägerig, da sie den Kopf nicht aufrecht halten konnte. Prof. Müller rieth, elektrische Bäder zu gebrauchen; sie konnte nur vorgebeugt stehen und gehen, die leiseste Kopfbewegung verursachte ihr Kopfschmerzen. Die Genick- und Rückenschmerzen strahlten lebhaft in beide Schulter- und Oberextremitäten aus. Monopolares galvanisches Bad, An mit großer Elektrode (100 cm^2) auf den Nacken applicirt, Ka in das Wasser gegeben (große Platte) anfangs 2 M. A., später bis 5 steigend, einen Tag um den andern die Bäder. Schon nach dem 3. Bade Appetit und Schlaf besser. Die Kranke fühlt sich leichter; nach dem 5. Bade konnte sie ohne Begleitung ausfahren, nach dem 7. den Kopf gerade halten und nach allen Richtungen drehen, nach dem 9. Bade hörten die spontanen Schmerzen und die Extremitätenschmerzen auf; nach 15 Bädern geheilt.

Basedow. Ein Fall von Basedow wurde mir von Dr. Muresianu zugeschickt, der alle classischen Symptome des Morbus Basedowii hatte. Herzklopfen, Struma, Glotzaugen, verminderten Leitungswiderstand und Darmatonie. Dabei war die Appetenz höchstgradig gestört und die Ernährung recht mangelhaft, Schlaf miserabel; ich fand den 3. Brustwirbel auf die Ka empfindlich und applicirte die Elektroden beiderseits am Halse, stationsweise am Rückenmark, den positiven Pol oben, den negativen Pol unten, behandelte die Struma katalytisch und außerdem noch das Herz franklinisch. Der Bauch wurde leicht faradisirt. Unter dieser Behandlung besserten sich die verschiedenen Symptome. Zuerst besserten sich um die 10. Sitzung die Ernährung und das Aussehen, dann schwanden um die 19. Sitzung die Glotzaugen, die Struma und die Darmatonie und zuletzt um die 35. Sitzung das Herzklopfen. Nach 36 Sitzungen wurde er geheilt entlassen. Die Frau, die mir Dr. Meier vor Jahren gebracht hatte und die damals zum Sterben war, ist noch immer munter und gesund. Federn fand partielle Darmatonie regelmäßig mit Basedow associirt. Diese Darmatonie verläuft eigentlich symptomenlos, verursacht aber: die hartnäckigsten Darmcatarrhe, Verdauungsbeschwerden, nervöses Magenleiden, hysterische Zustände, Neuralgien, Kreuz- und Kopfschmerzen, ja selbst auch Lungenödem. Gegen diese Atonien empfiehlt Federn Massage mit Faradisation. Mit Basedow, meint Federn, stehe diese Darmatonie in einem, wenn auch dunklen Zusammenhange. Schott kommt nach kritischer Sichtung aller gegen Basedow empfohlenen Mitteln auf die Elektrotherapie vorzugsweise zu sprechen, und zwar auf den constanten Strom und sagt, man wendet vorzugsweise die Galvanisation am Halse und die Durchströmung der Medulla oblongata an und in der neuesten Zeit hat Vigouroux auch mit der Inductionselektricität über schöne Erfolge zu berichten, wenn sich vielleicht auch die Erwartungen, welche man bei Morbus Basedowii an die Elektrotherapie knüpfte, als übertrieben herausgestellt haben, so steht doch fest, dass man mittels derselben Erfolge erzielen kann, wie vorher mit keinem therapeutischen Agens. Eulenburg wendet wieder allgemeine Elektrotherapie und elektrische Bäder an, setzt die faradisirte Ka auf die Carotis im Unterkieferwinkel, die An auf die contralaterale Halsseite, dann die Ka am Auge, faradisirt die Struma und galvanisirt die Präcordialgegend, An am Herzen oder wendet die franklinische Douche an (positiver Pol).

Chorea. Der Herr Oberstabsarzt Dr. Lanyi übersandte mir vor 2 Jahren einen Gymnasiasten mit Chorea. Er hatte das Leiden schon anderthalb Jahre und hatte schon vergeblich 6 Monate hindurch hydriatische Methoden, sowie Medicamente gebraucht. Ich elektrisirte ihn durch den Kopf longitudinal, am Halse stationsweise, am Rücken und labil an der zumeist befallenen rechten Oberextremität mit 100 cm^2 großen Elektroden mit 1 M. A., 1 Min. lang. In nicht ganz 3 Wochen war der Kranke geheilt. Curjon fand in 2 Fällen von Chorea nach Anwendung der statischen Elektricität unmittelbar eine beträchtliche Verminderung in der Zahl und Amplitude der choreatischen Bewegungen und empfiehlt diese Form von Elektricität wohl wegen ihrer unmittelbaren Erfolge, als auch ihrer schlafbringenden und beruhigenden Wirkungen wegen. Hieran sei der folgende Fall von Gautier in Paris gereiht: Cl. Chamblas, $13^1/_2$ Jahre alt, hereditär belastet, war im Januar 1887 erregbar, eigensinnig, unaufmerksam und dann links incoordinirt und wurde von Dr. Marissol Ende März geheilt. Anfang Januar 1888 traten dieselben

charakteristischen Erscheinungen auf, aber verstärkt, wobei der Kranke von Dr. Michel ebenfalls Ende März gebessert wurde. Im Januar 1889 trat die Krankheit heftig auf, die Glieder beiderseits waren ergriffen, der Kranke konnte sich nicht aufrecht erhalten. Dr. Yssingeau versuchte, ihn mit Bromkalium, Chloral und Schwefelbäder zu behandeln, vergeblich. In diesem Zustande kam er in das Spital St. Etienne zu Dr. Duchamp. Hier bekam er Antipyrin, auch erfolglos. Der Kranke kann unmöglich einen Gegenstand festhalten. Convulsionen des Stammes treten auf, auch die Muskeln der Zunge nehmen Antheil an den oscillatorischen Bewegungen. Der Kranke kann sich nicht verständlich machen. Zu gleicher Zeit verlor er das Gedächtnis, seine Intelligenz hatte bedeutend gelitten und er konnte nicht schlafen. Im Juli kam er zu Gautier und war sein Zustand nur um weniges besser. Die ihn begleitenden Personen berichteten, dass er Alles aus der Hand fallen lasse, Alles zerschlage, sich selbst nicht ausziehen könne, an Incontinentia urinae leide, das Kind ist gereizt, sein Gewicht 32 *kg*. Er wurde galvanisirt vom 16. bis 30. Juli in 6 Sitzungen: der positive Pol am Kreuzbein, der negative Pol an der Wirbelsäule, 200 cm^2 groß, 8 Minuten, 6 M. A. Vom 8. bis 15. August in 8 Sitzungen mit 10 M. A. und vom 17. August bis 14. September in 10 Sitzungen, 2 wöchentlich mit 12 M. A. 26 Sitzungen in 2 Monaten mit vollkommenem Erfolge. Vor der Behandlung konnte das Kind weder lesen noch schreiben. Von Sitzung zu Sitzung besserte sich der Zustand bis zum deutlichen Lesen und Schreiben. Das Gewicht des Kindes ist von 32 auf 40 *kg* gestiegen. 2 Jahre später sah Gautier den Knaben; er war gesund.

Neurasthenie. Dr. Krampla wies mir einen Fall von Neurasthenie zu mit Pollutionen, Kreuzschmerzen, dem Gefühl der anliegenden Kleider, Kopfdruck, Herzklopfen, erhöhten Sehnenreflexen etc. Ich elektrisirte ihn 2 Winter hindurch mit großen Unterbrechungen von 4—6 Wochen mit allgemeiner Elektrisation; alle Symptome schwanden, er wurde wieder vollkommen gesund. Die sexuelle Neurasthenie behandelt Dr. Beard jetzt in der Weise, dass er einen Pol auf das Rectum, den anderen in die Urethra giebt, schwache faradische Ströme, oder indem er die zweite Elektrode auf das Perineum, an den Penis, das Scrotum oder das Os pudendum setzt, oder auf die innere Schenkelfläche; oder der eine Pol wird mit einer nicht isolirten Sonde in die Urethra eingeführt und der andere Pol möglichst großflächig an die innere Schenkelfläche oder Lendenwirbelsäule applicirt. Dr. Strauven berichtet über 2 Fälle von Neurasthenie. Der eine betraf ein Fräulein, hereditär belastet, das nach angestrengter geistiger Arbeit beständige Kopfschmerzen, Gedächtnisschwäche, Intelligenzmangel, Schlaflosigkeit, Appetitlosigkeit, große Blutarmut bekam, aber nichts objectiv Nachweisbares aufwies. Von Mitteln wurden schon China, Gentiana, Nux vomica, Quassia, Chloral, Morphin, Codeïn, Cannabis, Sulfonal etc. gebraucht, ohne den Appetit zu heben oder den Schlaf zu verbessern. Er versuchte einen absteigenden galvanischen Strom am Kopfe anzuwenden, An an der Stirne, Ka an den Nacken. Große Elektroden und anfänglich nur 1 M. A., 1 Minute. Patientin bekam von diesen ganz schwachen Strömen Umnebelung des Gesichtes und syncopale Zustände, die für die Theorie von Löwenfeld sprechen, der auch durch absteigenden Strom Syncope erwartete. Strauven verließ vorderhand die Galvanisation und begann die cutane Faradisation nach Vulpian (Faradisation des Nackens, Rückens und der Extremitäten) jeden 2. Tag mit erträglichen Strömen. Patientin konnte nach und nach

4—5 Stunden schlafen und die traurige und nervöse Stimmung verlor sich. Jetzt wurde wieder mit der Galvanisation begonnen, abermals mit 1 M. A., und stieg er bis 5 M. A. und 2 Minuten Dauer. Auch der Appetit kehrte wieder, die Kranke schlief gut, ist von trefflicher Stimmung; in circa 6 Wochen hat die Elektricität vollbracht, was die medicamentöse Behandlung in Jahren und Monaten nicht erreichen konnte! Suggestion!? Der zweite Fall betraf ebenfalls ein Fräulein, hereditär belastet, mitunter an nervösen, gastrischen Störungen leidend, von trauriger, melancholischer Stimmung, Schlaflosigkeit, Schwäche der geistigen Functionen, Gedankenverwirrtheit, Menstruationsbeschwerden und Lebensüberdruss. Absteigende Galvanisation des Kopfes, anfangs mit 1 M. A., später mit 2 und 3 M. A., je 2 Minuten lang. Nach der 5. Sitzung war der Schlaf für die ganze Nacht zurückgekehrt, die Stimmung besser. Die Elektrisation wurde bis Ende des Monats fortgesetzt und die Kranke verließ zufrieden die Behandlung. Wilheim behandelt die Herzneuralgie mit stabiler centraler Galvanisation und Faradisation des Herzens. Ich fand in vielen Fällen die Franklinisation von Nutzen.

Epilepsie. Dr. Wilheim referirt über folgenden Fall: Ein 24jähriger Tramwaybediensteter, anämisch, leidet seit 4 Jahren an Epilepsie, so dass seine Berufsfähigkeit in Frage gestellt ist. Nachdem derselbe Brompräparate und Atropin von verschiedenen Seiten erhalten hatte, auch starke Bromacne vorhanden war und diese Mittel nur geringen Nutzen erzielten, so dass die Anfälle alle 8 Tage wiederkehrten, hat Wilheim alle Mittel sistirt und nur den galvanischen Strom constant und stabil durch den Kopf und am Halse angewendet und nach 15 Sitzungen den Erfolg erzielt, dass die Anfälle jetzt nur einmal monatlich kamen und schwere Paroxysmen überhaupt nicht mehr auftraten. Dass dieser Erfolg kein zufälliger, sondern mit der Galvanisation im innigen Connex steht, beweisen 100 Fälle aus Wilheim's Spitalsversuchen und Privatpraxis, in denen kein anderweitiges Medicament angewendet wurde außer Elektrotherapie und ein Cessiren der Anfälle für Monate, ja selbst für ein Jahr erzielt wurde.

Keraunoneurosen. Dr. Frankl-Hochwart berichtet über folgenden Fall von Blitzschlag. Im Juni 1887 wollte ein Bahnwächter während eines Gewitters einen Telegraphenapparat ausschalten, als er in der rechten Hand einen heftigen Schlag verspürte, der Arm gelähmt wurde und ein heftiger Schmerz denselben durchzog. Unmittelbar danach sah er einen violetten Funken aus dem Apparate und hörte gleich darauf heftig donnern. Das rechte Bein und der rechte Arm waren steif und kalt, er erholte sich jedoch so, dass er seinen Dienst machen konnte. Im Februar 1889 bekam der Bahnwärter heftige Schmerzen im rechten Arme, die bald auch im rechten Beine auftraten und den Mann im August dienstesunfähig machten. Seit dieser Zeit klagt er über Abnahme des Sehvermögens und der Kraft auf der rechten Seite, ferner zeitweilige Kreuzschmerzen und Gedächtnisschwäche. Hirndruck, Schwäche, Dynamometer links 15, rechts 9 *kg*, der Gang langsam, das rechte Bein wird nachgeschleift, bei geschlossenen Augen etwas Ataxie, Sehnenreflexe rechts gesteigert. Allgemeine Faradisation circa 4 Wochen, das Befinden des Kranken bessert sich. Die Schmerzen ließen nach, der Gang wurde fast normal, Patient verließ am 2. Jannar das Spital.

Hysterie. Eine hysterische Gouvernante behandelte ich in ihrem Krampf- und Schmerzstadium mit dem faradischen Strom mit gutem Erfolge. Einmal kam sie spät Sonntags zu mir und bat um die Faradisation. Es

war vorzugsweise Herzpalpitation, ein brennender Schmerz in der Herzgegend, sowie Globus vorhanden. Ich behandelte sie mit dem faradischen Pinsel und elektrisirte auch die Gegend des Ösophagus entsprechend . . . . Die Anfälle blieben nunmehr 6 Monate aus. Eine zweimalige Elektrisation hat das Leiden gestillt; auch nach Didier ist die Faradisation das beste Mittel gegen Hysterie; ihn ließ die Faradisation in keinem Falle von Hysterie im Stiche; auch 3 Fälle von Hystero-Epilepsie behandelte er mit der Faradisation mit gutem Erfolge. Ja sogar als differential-diagnostisches Moment verwendet er die Faradisation, indem Hystero-Epilepsie auf Faradisation weicht, echte Epilepsie dagegen nicht. Er setzt im clonischen Stadium der Hystero-Epilepsie die Elektroden auf die Magengrube und die vordere Halsgegend, im tonischen Stadium die eine auf den Nacken, die andere auf die Hand.

Augenkrankheiten. Dr. Graf Magawly hat einen Mann, dem ein Eisensplitter in das Auge gekommen war, diesen nach gemachter Incision mit einem Magnete entfernt. Dr. Adler hat einen Schlosser, der sich ein Stückchen Eisen ins Auge brachte das durch zweimalige Operation nicht entfernbar war, mittels des Elektromagnetes gehoben. Ebenso hat er einem Locomotivführer, der durch das Bersten des Wasserstandsglases einen Prolapsus der Iris erlitt, diesen nach 10 Tagen durch Galvanokaustik abgetragen, die Iris wurde beweglich, die Sehschärfe betrug $^6/_6$. Einem Mädchen, das durch Scrophulose centrale Hornhautflecke hatte, verbesserte er die Sehschärfe in 3 elektrolytischen Sitzungen binnen 14 Tagen, von $^6/_{24}$—$^6/_{12}$ und einem 13jährigen Knaben hat er das Trachom des rechten Auges galvanokaustisch erfolgreich behandelt, während das linke zum Unterschiede hievon bereits durch 4 Jahre mit Cuprumstift erfolglos geblieben ist. Großmann hat Balggeschwülste, Aterome, Lipome, Dermoidalgeschwülste, entzündete Carunkel, cavernöse Tumoren, Teleangiektasien, Angiome und Geschwülste an den Augenlidern elektrolytisch behandelt. Ein 3jähriges gesundes Bauernmädchen bekam bald nach der Geburt einen kleinen Punkt am linken Augenlide, der sich bis zum 3. Jahre über das ganze Lid ausbreitete. Großmann elektrisirte das Augenlid in 4 Sitzungen und in 4 Wochen war das Kind geheilt. Ein 13jähriger Knabe, der von einem Leiterwagen auf die Straße auf das Gesicht gefallen war, acquirirte eine bläuliche, elastisch sich anfühlende, kopfgroße Geschwulst, welche das ganze rechte obere Augenlid einnahm und es nicht zu öffnen gestattete (Angiom), bei dem Großmann bipolare Elektrolyse anwandte und nach 3 Sitzungen mit nachfolgender Eiterung vollkommene Heilung erzielte. Außer Großmann übten die Elektrolyse des Auges noch: Nieden, Fuchs, J. L. Thompson, Adler, Schubert, Chibret und Goreeki. Norsa berichtet über ein Augenbad, das ihm bei Irido-Chorioiditis, bei Erkrankungen des Sehnerven, insbesondere bei den intoxicatorischen Formen, die Wirksamkeit des constanten Stromes erwies. Max Weiß elektrisirte in Wien an der Klinik Prof. Stellwag v. Carion's in Anwesenheit der beiden Assistenten Dr. Bock und Dr. Zirm einen 39jährigen Beamten, der an Tabes litt und am rechten Auge complet, am linken Auge fast blind war. Rechtes Auge Maculae corn. centr., Patient sieht keine Finger, liest keine Nummer Jäger, hat leichte Abducensparese, die Pupille starr, absolut Emmetropie und Sehnervenatrophie. Linkes Auge: $V = {}^{20}/_{50}$, mit Mühe Jäger 3, besser mit $+ {}^1/_{40}$, Papille in toto verfärbt, atrophisch. Vom 1. September 1888 elektrisirt: 2 M. A. long. H. G. vom geschlossenen Auge zum Hinterhaupte 15—30 Minuten und

nach je 5 Minuten Polwechsel. Am 17. September zählt bereits Patient mit dem rechten Auge auf 2′ Entfernung die Finger. Linkes Auge $^{20}/_{40}$, während der Behandlung ist die Cornealtrübung fast ganz verschwunden; 14. October liest Patient mit dem rechten Auge schon Jäger Nr. 19, mit dem linken Auge Jäger Nr. 2, Sehschärfe $^{20}/_{30}$. Am 11. Januar 1889 zählt Patient mit dem rechten Auge schon Finger in 10′ Entfernung und liest Jäger Nr. 17. 25. Januar: rechtes Auge Finger in 15′ Entfernung und prompt Jäger Nr. 15 gelesen. Linkes Auge $^{20}/_{20}$, Jäger Nr. 1 in 5″ Entfernung gelesen. Im August: rechtes Auge: Patient liest Jäger Nr. 9, seit April dieses Jahres fungirt er ungestört als Beamter. Die Trübung hat aufgehört, die Atrophie ist auch objectiv nachweisbar zurückgegangen. Außer Weiß und Benedikt haben noch Atrophien mit Erfolg behandelt: Dor, Driver, Pye-Smith, Markus Gunn, Charles Stedmann Bull, Donald Fraser, Leber, Erb, Soolberg, Wells, Rumpf, Remak. Miles Standish referirt einen Fall von Retinitis pigmentosa eines 35jährigen Mannes, der so schlecht sah, dass er auf der Straße nicht gehen konnte, rechts $^{12}/_{40}$, links $^{12}/_{50}$ und das Gesichtsfeld reicht nicht bis über den 20. Grad, im Augenhintergrunde charakteristische Pigmentbündel; positiver Pol auf die Augenlider, negativer Pol auf die Schläfe, 5 Minuten im Zwischenraum weniger Tage durch 15 Monate. Der Enderfolg war: rechts $^{1}/_{20}$, links $^{12}/_{50}$ und das Gesichtsfeld im horizontalen Durchmesser über 70°. Sobald während der Behandlung mit den Sitzungen ausgesetzt wurde, verschlechterte sich das Sehvermögen. Goldzieher hält es auch nicht mehr für motivirt, dass das Pterygium ein noli me tangere sei, mittels der Galvanokaustik hat er 2 Fälle geheilt, darunter eine Frau, die an jedem Auge Pterygium hatte. Vacher empfiehlt die Galvanokaustik zur Peritomie. Burchardt behandelte mittels der Galvanokaustik die folliculäre Conjunctivitis. Mit einer fein zugespitzten Schlinge galvanokauterisirte er jedes Knötchen und umfährt ihren Grund. Hernach schließt er die kauterisirte Partie mit einem Jodoformtampon ab.

Ohrenkrankheiten. Von Dr. Tschudi ist mir eine Patientin zugewiesen worden, die an Ohrensausen litt. Ich constatirte elektrische Erregbarkeit, ging jedoch nicht über Ka Sch Kl, An O Kl und mitigirte durch letzteres in 15 Sitzungen das bedeutende Ohrensausen. Dr. E. Strauven berichtet über folgende Fälle: Ein Mann bekam linkerseits Ohrensausen; dieses störte ihn im Schlafen, zwang ihn, zeitweise von seinem Geschäfte abzulassen, verursachte ihm Schwindel auf der Straße. Eine Hyperämie des Trommelfelles ist das einzig objectiv Nachweisbare. Mit 3 M. A. ließen sich K Schl S und An O S nachweisen. An Schl calmirt das Geräusch, 20 *cm* große Elektrode am Tragus als An, 50 *cm* große Ka auf die contralaterale Halsseite, 4 M. A., 5 Minuten Ein- und Ausschleichen. Nach 3 Sitzungen war das Sausen verschwunden. Strauven berichtet über 7 Fälle, findet, dass die Hyperästhesie Brenner's nicht pathognomonisch sei, dass die Elektricität nur in frischen Fällen heilen kann, in späteren höchstens bessern, kein Strom hat einen Einfluss auf die Taubheit, höchstens durch Verminderung der Geräusche. Gruber meint, dass Wucherungen an der Membrana Shrapnelli und an den Paukenhöhlenwänden mittels Elektrolyse zu behandeln seien. Gomperz hat mitunter einen erbsengroßen Polypen in einer einzigen Sitzung mittels Elektrolyse zerstört. Er placirt die Ka an das For. mast. und die nadelförmige An in die Wucherung oder beide Nadeln in die letztere. Halbeis hat eine Elektrode construirt, mittels welcher er

mit 5—10% Cocaïnlösung (in 5, beziehungsweise 3 Minuten) das Trommelfell cocaïnisirt — behufs Vornahme von Operationen — Kataphorese. Barth hat noch vor Halbeis Experimente zur Cocaïnkataphorese des Trommelfells gemacht.

Nasenerkrankungen. Dumont und Jouslain berichten über folgende Fälle: Eine 68jährige Frau kann durch die linke Nase nicht athmen, weil ein fibröser Tumor diese Nasenhälfte erfüllt, bei Berührung blutet und von dem man nicht weiß, wo er sitzt. Elektropunktur, Ka eingeführt, die An in der Umgebung 15—18 M. A. jedesmal durch 8 Minuten, 3 Sitzungen. Patientin kann athmen und nun war die Geschwulst so klein, dass man sie abtragen konnte. Shipman operirte einen großen Tumor, der die Respiration behinderte und große Difformität setzte, beständig blutete, mittels Elektrolyse; der Tumor schrumpfte rapid zusammen, die Blutungen hörten auf, Patientin begann durch die Nase zu athmen, der Tumor war bis zu 3 *cm* verkleinert und wurde abgetragen etc. Weitere Operationen haben noch vorgenommen B. Bruns, Voltolini, Capart und Michel.

Tabes dorsualis. Von Dr. Schmidel erhielt ich folgenden Fall zugewiesen: Ein seit vielen Jahren schwer Tabeskranker, der, mit completer Ataxie behaftet, sich dazu noch den Fuß gebrochen hatte und infolge dessen ans Bett gefesselt war, wurde durch anderthalbjähriges Elektrisiren soweit gebracht, dass er den 3. Stock allein in der Nacht steigen konnte, Theater besuchte, aufs Land spazieren fuhr. Ist auch das Suggestion? Bei einer Patientin in meiner Behandlung habe ich durch R Str, R Sy Str, R Pl Str, R N Str und Galvanofaradisation einen glänzenden Erfolg erzielt. Wenn die ataktischen Bewegungen zurückgehen, wenn die Schmerzen stillestehen, wenn der ganze Process sich stabilisirt, wo schon Harn- und Stuhlbeschwerden vorhanden waren, kurz, wenn Patienten, die fast nicht mehr gehen konnten, wieder gut gehen, so dass man ihnen nicht ankennt, dass sie tabeskrank sind, wenn diese Leute wieder vormittags und nachmittags in das Amt gehen, wird doch niemand vom zufälligen Stillstehen der Krankheit oder von Suggestion sprechen. Ein Seidenagent war gelähmt, so dass er nicht einmal ein Glied heben konnte (Ataxie) und wurde schon innerhalb eines Jahres befähigt, zu gehen. Ein Polizeibeamter kam im ataktischen Stadium zu mir, hatte Incontinentia urinae und wurde innerhalb eines Jahres insoweit hergestellt, dass er im Polizeihause im 3. Stocke seine Amtsstunden halten konnte. Ein Officier wurde durch das Elektrisiren so gebessert, dass er, obzwar schon seit 15 Jahren tabetisch, noch immer seinem Dienste obliegen kann. Ein Bankbeamter, der verschiedene tabische Symptome hat, wurde so gebessert, dass er ins Amt gehen und dort vormittags und nachmittags arbeiten kann. Ein Rittmeister (auch bei Professor Kahler citirt) war vorübergehend auch in meiner Behandlung; er war complet amblyotisch und vollkommen ataktisch; jetzt kann er lesen und selbständig ausgehen. Bei jedem Kranken, bei dem die Elektricität von mir angewendet wurde, sah ich einen Erfolg. Schwarz fand, dass gegen tabische Schmerzen der faradische Pinsel nach Rumpf sehr gut wirke. In der letzten Zeit gebraucht er Influenzelektricität und kommt in 1—2 Minuten zu demselben Erfolge, wie mit dem faradischen Strome in 10 oder 12 Minuten. Nach Leyden übt die Elektricität einen sichtlichen Einfluss auf den pathologischen Process aus und vermag, mit einiger Vorsicht angewendet, zu bessern, selbst den Zustand aufzuhalten. R St, R N Str, R M Str, R Sy Str

auch vielleicht zur Bekämpfung der Blase uud des Mastdarmes local. Die cutane Elektrisation hat er noch vor Rumpf empfohlen. Krafft-Ebing wendet stabile Ströme 4—6 Minuten an der Wirbelsäule, dazu labile Einwirkung der Ka auf die Nerveustämme durch 3—6 Minuten an. Löwenfeld bedient sich einer Stromstärke von 5—15 M. A. bei einer Elektrode vou 50 cm^2. Er empfiehlt die Eiubeziehung des Sympathicus in die galvanische Behandlung, die Ka am Unterkieferwinkel, die An an der contralateralen Halsseite.

Neuritis. Hofrath Dr. Kusy überwies mir eine Patientin mit Neuritis des Medianus radialis und ulnaris, welche halb paretisch waren. Ich elektrisirte stabil am Schultergelenke (An). Hernach am Uln. und Med. ebenfalls stabil (An 100 cm^2, 2 M. A., 1 Minute). Außerdem labile RN Str au der Extremität mit gutem Erfolge. Althaus referirt über eiuen 56jährigen Mann, der mit acuter Neuritis des Rad. und Lähmuug des M. delt. behaftet war; erst nach längerer Anwendung des faradischen und galvanischen Stromes (absteigende Ströme) erfolgte vollkommene Heilung.

Schreibekrampf, von M. Weiß als periphere graphische Störung bezeichnet, wird in drei Varietäten unterschieden, nämlich in die spastische, die paralytische und die tremorartige Form. Beim Extensionsspasmus der ersten drei Finger kommt die An au den Haudrücken, beim Flexionsspasmus an die Hohlhand angesetzt, große Elektroden aus Stanniol den Handrücken und die Hohlhaud bedeckend, die Ka ebenfalls groß, an die obere Hälfte der Innenfläche des Oberarmes; beim Krampf im Tenar oder Antitenar kommt hier die An ein- und ausschleichen, stabil 2·5—5 M. A., 10—15 Minuten Sitzung täglich, bei Eintritt der Besserung seltener. Bei der paralytischen und tremorartigen Form kommt die Massirrolle auf die Stelle, wo Schmerzempfinduug oder Gefühl paralytischer Schwäche vorhanden ist; die galvano-faradische Massage mit schwellenden Strömen wird vorausgeschickt und hierauf stabil galvauisirt. Nestel behandelt den Schreibekrampf mit schwellenden, faradischen Strömen.

Muskelatrophie. Dr. Fizia überwies mir einen Landesgerichtsrath, den auch Prof. Kahler zweimal sah und der bei Dr. Maschka in Karlsbad und dann in Johannisbad zweimal war, mit Muskelatrophie nach Myositis. Spontan entzündete sich ein Muskel in der linken Inguinalgegend und atrophirte, bis schließlich nur einzelne Muskelfibrilleu übrig waren, uud nacheinander schwand der rechte und linke Pectoralis, der linke Tenar und Antitenar, der rechte und linke Deltoideus uud von den Glutaeis wareu nur einzelne Falten. Dabei hatte Patient an der linken Lende eine Myositis, uud es war zu schließen, dass auch dort sich eine Muskelatrophie einstellen werde. Der Harn war eiweißhaltig und stark uratisch, auch phosphatisch. Dabei war Patient noch acut krank, Zahncysten, Carbunkel, Catarrhe und so deprimirt, dass er nur mit Ja und Nein antwortete. Ich wandte allgemeine Faradisation, centrale Galvanisation und Galvanisation am Halse (mit 2 m auf 200 cm^2 Elektrodenfläche) an, schickte ihn von Mai bis October nach Karlsbad und zur Nachcur nach Johannisbad und behandelte ihn in 2 Jahren auf die erwähnte Weise, so dass er jetzt einem mageren Menschen ähnlich sieht, die geschwundenen Muskeln sich wieder belebt haben, speciell beiderseits Tenar und Antitenar wieder aufgetreten sind, er jetzt an einem Tage mehr spricht, als das ganze vorige Jahr hiudurch, jetzt allein zu mir kommt (anfangs in Begleitung seiner Frau), allein spazieren geht, kurz, sich wohl fühlt. Vielleicht

auch ein zufälliges Stillstehen der Krankheit oder Suggestion? Über einen Fall von Muskelatrophie hat Donath referirt, den er ebenfalls mit Elektricität geheilt hat.

Muskelrheumatismus. Strauven hat den Muskelrheumatismus mit dem faradischen Strome behandelt. Er führt 4 Fälle von Heilungen an, unter welchen er folgenden erwähnt: Ein 65jähriger Mann leidet seit 6 Monaten an heftigen Schmerzen im Triceps und in der linken Hüfte; Narcotica bleiben ohne Erfolg. Die Bewegungen beim Gehen verursachen große Schmerzen, der Kranke geht, das Bein nachziehend, wie ein Paralytischer. Strauven faradisirte ihn durch 5 Minuten mit feuchten Elektroden und pinselte durch 4 Minuten die Hüfte. Die Schmerzen schwanden, auch die Steifigkeit, Patient wurde geheilt. Ich selbst habe mittels Faradisation über 30 Fälle geheilt.

Elektrische Massage. Mordhorst, Heinzel und Hermann haben mit der Massirrolle und galvano-faradischen Strömen Ergüsse und Schwellungen nach Quetschungen, Verrenkungen, Verstauchungen, Knochenbrüchen, Gelenks- und Muskelrheumatismen, dann Schmerzen, infolge Neuralgien, sowie traumatischen und rheumatischen Ursprunges Ischias, chron. Sehnen- und Knochenentzündungen mehr als 300 Fälle mit Erfolg behandelt.

Gibbosität. Frestier aus St. Etienne giebt eine Serie von neun Fällen von Malum Potti, Rhachitis, Kyphose, Scoliose an, die er durch Franklinisation, speciell durch franklinische Funkenentladung, sowie mittels Massage und eigener Extensionsapparate geheilt haben will.

Rachendiphtherie. Hagedorn hat 24 Fälle von Rachendiphtherie galvanokaustisch behandelt, alle mit gutem Erfolge. Nach Löffler's Entdeckung und Beck's Arbeit ist es sichergestellt, dass der Diphtherie-Bacillus die einzige Verbreitungsursache dieser Krankheit darstellt. Gelingt es, dem Eindringen dieser und der Streptococcen ins Gewebe nachhaltig Einhalt zu thun, so kann die Krankheit coupirt werden. Als das mildeste und gefahrloseste Mittel hiezu erscheint ihm die Galvanokaustik, weil diese keine entzündlichen Schwellungen und keine Nebenwirkungen auf benachbarte Organe hat, wie beispielsweise die Carbolsäure. Nach der Galvanokaustik sei die Desinfection des Rachens, der Kleider und Bettwäsche wie gewöhnlich vorzunehmen. Clemens plaidirt wieder, eine Schwammelektrode auf den Nacken zu appliciren und mit einer zweiten kleinen Schwammelektrode die Tonsillen zu faradisiren, 3mal je $^1/_2$ Minute während $^1/_4$ Stunde, und behauptet, hievon Resultate gesehen zu haben.

Icterus catarrhalis. Nach der Methode von Gerhardt hat Kraus 17 Fälle mit dem faradischen Strome behandelt. Die Idee gieng dahin, durch starke Contraction der Gallenblasenmuskeln die gestaute Galle und den sie hindernden Pfropf hinauszudrängen. Die eine Elektrode kommt an die Gallenblasengegend, die zweite an die Wirbelsäule oder werden beide Pole auf die Gallenblase aufgesetzt. 8—10 Sitzungen führen sicher zum Ziele; der Nachlass beginnt schon nach der 3. bis 4. Sitzung. Erfolge mittels Faradisation haben noch erzielt Dr. Schrötter (Assistenzarzt), Copland, Hall und Darwin.

Erkrankungen der digestiven Organe. Leubuscher zieht bei Behandlung der Darmkrankheiten den galvanischen Strom dem faradischen vor. Die Ka kommt in den Mastdarm und die An auf die Bauchhaut oder

an den Damm. Stromstärken je nach den Elektroden, doch so, dass sie nie Schmerzen verursachen, 10—15 Minuten. Er hat 15 Fälle meist mit durchschlagendem Erfolge behandelt. John Shoemaker behandelt Obstipationen nach derselben Methode mit 1 M. A., und erklärt die Wirkung aus dem Schleimflusse, der dem negativen Pole folgt. Herard, Le Fort, Const. Paul behandeln auch Darmocclusionen mittels Elektricität. Semmola vindicirt auch dem galvanischen Strome eine überraschende therapeutische Wirkung und führt folgenden Fall an: Ein junger Mann von 20 Jahren erkrankt nach einem diätetischen Excess; in der Reconvalescenz tritt infolge einiger Fehler im Regime Erbrechen und mit Behinderung der Urinentleerung Obstipation ein. Die gewöhnlichen Mittel halfen nichts. Laparotomie wurde vorgeschlagen, Semmola führte die An 10 M. A. ins Rectum ein, die Ka auf den Bauch, dreimal täglich, durch 8—10 Minuten. Bereits nach 24 Stunden hörte die Ischurie auf und am 3. Tage waren die Stuhlentleerungen normal. Fort wendete in 3 Fällen seine Elektrolyse mit günstigem Erfolge an. Larat hat im Magen bei Dyspepsie und Dilatation hauptsächlich die Faradisation indicirt gefunden, beim Erbrechen und bei Magenkrämpfen schwache, bei Atonie und Dyspepsie starke galvanische Ströme. Die Galvanisation wird vom Sympathicus zum Magen vorgenommen, eingeschlichen (weil sonst Collaps eintritt). Die Faradisation wird vom Magen zum Rücken ausgeführt. Bei Obstipation und Occlusion kommt bei Männern Galvanisation, während Frauen nach mehreren Schwangerschaften die Bauchdecken faradisirt erhalten. Bei Occlusion kann man (mit Salzwasserklystieren) bis auf 50 M. A. steigern. Nach Larat verwenden amerikanische Ärzte die Faradisation im Munde, um locale Anästhesie zu erzeugen. Auch im Ösophagus kann man bei allen nervösen Erkrankungen und bei Stricturen (Le Fort) den galvanischen Strom anwenden. Nach Baraduc nützt Galvanisation am Halse gegen chronische Dyspepsie, gegen Anachlorhydrie und gegen Erbrechen infolge Reizbarkeit des Magens, die intrastomachale Faradisation gegen die Secretionsstörungen, gegen Neuralgie, Anämie, dann um den nervösen Zustand des Magens zu modificiren. Einhorn lässt eine Magenelektrode verschlucken, eine Hartgummikapsel, die einen Metallknopf enthält, nicht größer als eine Pille (die an den Leitungsschnüren hängt), die andere Elektrode auf das Kreuzbein. Faradisation des Magens steigert den Magensaft.

Zungengeschwür. M. Meyer behandelte eine 51jährige Frau, die sich während der Geburt die Zunge in entsetzlicher Weise zerbissen hatte. Prof. Albrecht hat sie mit Argentum nitricum wiederholt geätzt — ohne Erfolg. Die Schmerzen nahmen immer mehr und mehr zu, machten die Kranke schließlich unfähig zum Sprechen, währten Tag und Nacht, raubten den Schlaf vollständig, so dass die Kranke wahnsinnig zu werden fürchtete. In diesem Zustande kam die Kranke in die Behandlung M. Meyer's. Die mit dickem Schleim bedeckte Zunge zeigte außer einigen oberflächlichen Rissen 2 parallel den Zahnreihen verlaufende Geschwürsflächen, sowie links schmale, rechterseits breite, bei der leisesten Berührung leicht blutende Stellen. Gegen diese Schmerzen wählte er die schmerzstillende Wirkung der An, indem er eine balkenförmige Elektrode auf die Zunge, die Ka in die Hand gab und $2^1/_2$ Minuten bei einer Stromstärke, die deutlich fühlbar, aber nicht schmerzhaft war, die einzelnen Geschwürsflächen berührte. Sofort nach der ersten Sitzung hörten die Schmerzen auf. M. Meyer setzte die Behandlung $1^1/_2$ Jahre mit zweimal 6wöchentlichen Pausen fort, und nach

190 Sitzungen war die Patientin geheilt; ihre Zungengeschwüre sind vollständig vernarbt, sie genießt feste Speisen, ihre Sprache ist normal, der Schlaf ungestört.

Geschwulstabnahme. M. Meyer erwähnt eines Falles, den er vor 30 Jahren behandelt hat, wo er eine steinharte, mannskopfgroße Geschwulst, die jedem chirurgischen Eingriffe trotzte, mittels des faradischen Stromes in 270 Sitzungen geheilt hatte. Geheimrath Langenbeck hat den Fall mitbeobachtet. In einigen Fällen von hypertrophirendem Callus wurde diese Methode mit vorzüglichem Erfolge angewendet. Bei einem Falle von Synovitis genu chron. legte er die An (25 : 12) auf den Oberschenkel und die Ka (15 : 10) auf das Knie (biegsam, dasselbe umgebend) und ließ durch 10 Minuten einen Strom von 15—20 M. A. durchgehen; Patient war in 24 Sitzungen geheilt. Bei einem 79jährigen Kranken, der seit 8 Jahren an Exostosen und gichtischen Ablagerungen der Hand litt, die den vollständigen Handschluss unmöglich machten, placirte M. Meyer eine 30 cm^2 große An an den Arm, umwickelte die Hand mit einer 20 : 5 *cm* großen Ka und ließ durch $^1/_4$ Stunde einen Strom durch, der deutlich gefühlt wurde, und nach 27 Sitzungen war Patient geheilt. Meyer hat circumscripte Tendovaginitiden (sogenannten schnellenden Finger) auf gleiche Weise in 20 Sitzungen geheilt.

Haarwuchsbefördernd wirkt nach Mayerhausen nicht nur bei allen nervösen Erscheinungen, sondern auch beim idiopathischen Haarausfall der Franklinische Strom, und zwar in Form der Kopfdouche (6 Fälle). Ehrmann erzielt mittels der Faradisation selbst bei Alopecia areata Erfolge.

Ascites wird ebenfalls faradisch behandelt, wie der Icterus cat. Tripier, Solfanelli, Muret, Alvarenga, Gerhardt, Glax, Sigrist, Limburg, Popow, Frischman, Karpow, Sflibnewsky, Recamier, Mackenzie, Cruveilhier, Huchard und Stepmann haben Erfolge mittels Faradisation beim Ascites erzielt. Muret hat auf der Klinik Kussmaul's in Straßburg experimentirt und stimmt gegen Vierordt, der niemals bei Peritonitis oder chronischen Exsudaten einen Heilerfolg sah. Der eine Pol kommt nach Muret in die Lumbargegend, der andere Pol am Abdomen; der Strom soll so stark sein, dass er Muskelcontractionen hervorrufen kann. Die Faradisation soll 2—4mal des Tages wiederholt werden und 5—15 Minuten währen. Der Erfolg ist dort ein bleibender, wo es sich um primären Ascites handelt, beispielsweise bei Peritonitis. Wo aber eine Krasenkrankheit vorhanden ist, wird der Erfolg nur ein psychischer und nur ein palliativer sein.

Prostatahypertrophie. Bottini empfiehlt die Galvanokaustik, womit er die Prostata entweder gänzlich zerstören oder wenigstens zerstückeln will. Er hat 77 Fälle behandelt, wovon er 51, somit 67%, vollkommen heilte, 11 Fälle erheblich besserte und der Rest war aus verschiedenen Gründen resultatlos. Casper empfiehlt die Elektrolyse; er spült vor der Operation den Mastdarm aus, placirt die An von 400 cm^2 auf die Bauchdecke und führt unter Controle des Fingers die Ka als Platinnadel von der vorderen Mastdarmwand in die Prostata ein, sticht dann noch nach je 5 Minuten zweimal in verschiedenen Richtungen und schleicht den Strom von 10—25 M. A. vorsichtig ein und aus. Von 4 Fällen hat er 2 fast geheilt, einen Fall erheblich gebessert und einer ist ungeheilt.

Enuresis. Gurion hat einen Blasenexcitator bis in den Sphincter eingeführt und den zweiten Pol an den Pubes oder am Peritoneum geschlossen und in jeder Sitzung 5 Minuten faradisirt. Strom erträglich (erfolgreich). Olivier hat nach dieser Methode 7 Kinder vollkommen geheilt, 9 ganz erheblich gebessert. Unverricht placirt eine große An auf die Lendenwirbelsäule, die Ka auf die Symphyse und Benedikt galvanisirt von der Blase aus. Grimm giebt den einen Pol in den Anus und galvanisirt angeblich mit gutem Erfolge.

Urethralstricturen. 1841 überreichte Crussel der russischen und französischen Akademie eine Reihe versiegelter Schreiben, welche die Elektrolyse im allgemeinen, sowie jene der Urethralstricturen behandelten. Auch die Elektroden sind von ihm angegeben; ein Blasenexcitator isolirt bis auf das konische, blanke Metallende den in die Urethra einzuführenden Pol. Tripier war der Erste, der den Unterschied zwischen den Narben nach dem Einfluss der Ka und der An erkannte; er vergleicht die ersteren mit den Narben nach Verätzungen mit Alkalien, die letzteren mit jenen nach Verätzungen mit Säuren. Daher verwendet Tripier und nach ihm alle die Ka als den intraurethralen Pol. Tripier und Mallez schritten zur Behandlung von Urethralstricturen, sie adoptirten Crussel's Elektroden und publicirten die gewonnenen Resultate. Von Whately und Leroi d'Etiolles lernte es Tripier, die Strictur nach der Elektrolyse noch chirurgisch zu behandeln. Campos Bautista und Paloméque, welche die Tripier'sche Methode 1870 in einer These behandelten, kamen zu denselben Resultaten. Gaujot führte die Elektrolyse von Tripier im Spitale Val-de-Grâce ein, woselbst sie von Durand geübt wurde. Robert Newman war der Vertreter der Tripier'schen Methode in Amerika. Er fürchtete, dass das Endstückchen, welches vom konischen Ende des Blasenexcitators ausgieng, um in die Strictur einzudringen, nicht abbreche, und fertigte zu diesem Zwecke das katheterförmige Instrument mit dem konischen Ende mit einer Nut, durch welche er einen feinen Katheter oder ein Darmsaitenbougie einführen konnte. Newman's Methode wurde noch geübt von Frageso und Monat und hat sich über Amerika und England ausgebreitet. In Amerika wurde sie geübt von Bielfeld, Burchard, Earle und Rohe, in England von Bruce Clark, Stevenson, Anderson, Hayes. Lang hat die Elektrode Newman's modificirt (er führt gleich einen dickeren Katheter ein) und veröffentlicht die einschlägigen Fälle. Jardin ließ sich ein neues Instrument nach Art des Urethrotoms von Maisonneuve, aus zwei Theilen bestehend, fertigen und M. Tripet hat eine Inaugural-Dissertation mit 11 Beobachtungen nach dieser Methode verfasst. Le Fort änderte das Instrument Jardin's ab und verwendet nur einen dünnen Katheter, der den Platindraht enthält, welcher an einer Stelle aus der isolirenden Umhüllung heraustretend, eine Schlinge bildet. Der dünne Katheter, der sich noch über die Schlinge weiter fortsetzt, dient gleich als Leitsonde, während die stumpfe Platinschlinge die Strictur elektrolysirt. Auf der Abtheilung M. Richet's, der auch diese Elektrode vorgeschlagen, operirte Le Fort den ersten Kranken am 26. August 1888. Lombardi hat die genauen Details dieser Operation in seiner Dissertation aufgenommen. Le Fort hat seine Methode für die Urethra, den Ösophagus, das Rectum und den Cervicalcanal angegeben. Er hat auch schon drei Ösophagusstricturen mit Erfolg behandelt. Was die Urethralstricturen anbelangt, so spült er die Harnröhre und Harnblase mit 3% Bor-

lösung aus, um beide aseptisch zu machen. Hierauf verwendet er 5% Cocaïnlösung zur Anästhesie, dann führt er das Instrument ein, An am Kreuzbein oder Symphyse, mit einer Stromstärke von 15—20 M. A. und durchdringt in 2—3 Minuten die Strictur. Nach vollendeter Operation werden noch 200—300 *cm*³ Borlösung in die Blase injicirt zur vollständigen Desinfection. Nach dieser Methode hat Le Fort schon über 700 Stricturen behandelt. Es ist nur zu wundern, dass nicht alle Stricturen elektrolytisch behandelt werden. Tripier nennt die Galvanisation Voltaisation und diese Elektrolyse Le Fort's Myoléthe. Klarfeld hat eine Strictur der Pars pendula urethrae mit 1·5 M. A. in $2^1/_2$ Minuten zerstört.

Einleitung der künstlichen Frühgeburt. H. Bayer hat schon vor Jahren die Verwendung des constanten Stromes in der Geburtshilfe warm empfohlen und thut dies neuerdings; der constante Strom erziele Contractionen des graviden Uterus und befördere die Eröffnung der Geburtswege, übe eine ausgleichende Wirkung bei allen krampfhaften Affectionen der Gebärmutter, beseitige vorhandene Cervicalstricturen und bringe künstliche Frühgeburt hervor. Ein Silberdraht, umgeben von einem Drainageröhrchen, terminirt in einem Schwämmchen, am entgegengesetzten Ende eine Polklemme besitzend, ist die Ka und kommt in den Cervicalcanal; die An als große Elektrode auf den Bauch, mittelstarke Ströme. Bayer veröffentlicht 10 Fälle von der Straßburger Klinik, 7 mit, 3 anscheinend ohne Erfolg. Walcher beschrieb einen mit vollkommenem Erfolge. Fleischmann beschrieb 2 Fälle, ohne sich unmittelbar für Bayer's Methode auszusprechen. Brühl's und Wyde's Erfahrungen sind ebenfalls nicht für einen positiven Erfolg sprechend. Bayer bleibt bei seiner Ansicht, sagt aber, man müsse nicht einmal, sondern mehrmals elektrisiren. Freud hat einen elektrischen Schröpfkopf angegeben, ein Hütchen, das, auf die Warze aufgesetzt, eine Elektrode umschließt, die als Ka fungirt, während die An an eine große Platte auf den Bauch kommt, mit 6—7 M. A. einschleichen. 3 Fälle normaler Geburten. J. Amann hat auch mit dem Schröpfkopf Versuche angestellt, die aber nur theilweise befriedigend ausgefallen sind.

Elektricität statt der Curette. Frey zieht es vor, statt der Curette, welche auch gesunde Uterusschleimhaut mitnimmt, den elektrischen Strom zur Anwendung zu bringen, um zurückbleibende Eihautreste nach Abortus zu entfernen. In frischen Fällen verwendet er den faradischen, in älteren den galvanischen Strom; der + Pol kommt in den Uterus, der negative auf den Bauch, ein Strom von 60—70 M. A. 6—10 Minuten 3—4malige Wiederholung. Die Eihäute lösen sich, weil ihre Vitalität zerstört wird, die Blutung wird durch Coagulation gestillt und die Bacterien werden am + Pole getödtet.

Tubarschwangerschaft wird nach Aveling durch starke Faradisation schon in der 5. Sitzung unterbrochen. Allen, Bacchetti, Brothers, Stille, Thomas, Winkel, Emmert, Sims, Bosemann, Munde haben Extrauterin-Schwangerschaften auf dieselbe Weise behandelt.

Perimetritisches Exsudat von colossalen Dimensionen habe ich auf percutane Weise behandelt. Es handelte sich um eine Frau, 17 Jahre verheiratet, Nullipara, mit Prolapsus uteri und einem Tumor, der von Kindheit an etwa orangengroß im Unterleibe zu fühlen war, hustend und fiebernd. Durch den Prolapsus uteri, der mehreremale recidivirte, entstand ein perimetritisches Exsudat, das die ganze Bauchhöhle erfüllte. Ich lud Hofrath

Prof. G. v. Braun pro consilio ein und er sagte, dass die Kranke den ganzen Sommer wohl im Bette zubringen würde, aber im Herbste noch einige Zeit außer Bett sein dürfte. Ich sagte dem Herrn Hofrath, ich wäre willens, hier die percutane Elektrisation zu instituiren. Zwei Elektroden, zu je 600 cm^2, wurden die eine auf die Bauchdecke, die andere auf den Rücken gegeben. Ein Strom von 30 M. A. durchgeleitet, der Strom nach jeder Minute ausgeschlichen, gewechselt und wieder eingeschlichen, Dauer einer Sitzung $1/2$ Stunde. 18 Sitzungen. Das Exsudat ist vollständig geschwunden. Abermals bat ich Hofrath Prof. Braun pro consilio; er staunte über den Erfolg. Patientin stand auf.

Apostoli's Methode. Über die Apostoli'sche Methode ist schon in der Elektrotherapie kurz die Rede gewesen. Die Gynäkologen der ganzen gebildeten Welt haben sich der Sache angenommen und fließt aus den zahlreichen Erfolgen im ganzen über 1000 operirter Fälle wohl die unbestrittene Thatsache, dass die Apostoli'sche Methode eine dankenswerte Bereicherung der Gynäkologie geworden ist. Die Principien Apostoli's sind in aller Kürze folgende: Ströme von 2—30—100—250—350 werden 5—8 Minuten in 20—30 Sitzungen 1—2mal wöchentlich angewandt. Die active Elektrode kommt in den Uterus oder in dessen Nähe, die indifferente auf den Bauch. Die Größe der Baucheelektrode beträgt 600 cm^2, wenn nöthig, muss sie mit ebenso großen, auf beiden Oberschenkeln zu lagernden Elektroden verbunden werden; ihr Material soll womöglich plastischer Thon sein. Die Wirkung ist eine polare, eine interpolare und eine extrapolare. Am + Pole scheiden sich die Säuren ab, am negativen Pole die Alkalien, der erstere wirkt daher wie eine ätzende Säure, der letztere wie ein Alkali. Am negativen Pole ist die Wirkung viel intensiver als am positiven. Der negative Pol erzeugt Hyperämie, Blutungen, er wirkt als Gegenreiz antiphlogistisch, destructiv, denutritiv, resorbirend, umstimmend, reizend, stimulirend, sowie auf den ganzen Organismus kräftigend und erzeugt jene Euphorie, die die Kranken nach den Sitzungen verspüren. Der positive Pol wirkt hämostatisch und auf die Einwirkung der Vasomotoren blutstillend, coagulirend, den Fluss mildernd, antiseptisch, schmerzstillend, beruhigend auf Neuralgien, Hyperästhesien und krampfartige Contractionen, ferners auf die Musculatur calmirend. Der positive Pol bildet eine constringirende Narbe, der negative eine dehnbare. Die active Elektrode ist immer eine Edelmetall- oder Kohleneelektrode von der Form einer Uterinsonde, manchmal auch nadelförmig, um Acupuncturen zu machen. Man verwendet die Apostoli'sche Methode bei den Myomen des Uterus, Peri- und Parametritiden, Metritis chron. und Hämorrhagien und Sub- und Superinvolutio uteri, Endometritis, Amenorrhoe, Dysmenorrhoe, Metrorrhagie, Stenosen und Atresie des Cervicalcanales und in der Entwicklung zurückgebliebenen Uterus oder Ovarien, Anteflexion, Anteversion, Retroflexion, Retroversion, Descensus et Prolapsus bei Erkrankungen der Ovarien und Tuben, bei Haematocele periuterina, Uterus bicornis mit profus andauernden Blutungen, bei Neoplasmen anderer Art des Uterus und der benachbarten Sexualorgane, zurückgebliebenen Eihautresten nach vorausgegangenen Aborten, Neuralgien im Beckenraume und Reflexneuralgien, peritonealen Exsudaten u. s. w. Die einzelnen Indicationen für jedes dieser Leiden zu geben, würde den Rahmen dieses Anhanges überschreiten. Prof. Dr. Ludwig Kleinwächter hat im October- und Novemberhefte der „Wiener Klinik" 1891 diesen Gegenstand wahrhaft classisch und völlig erschöpfend behandelt. Da auch die gesammte Literatur dort angegeben ist, verweise ich jeden Interessenten hierauf.

Pruritus vulvae. Cholmogoroff hat den von Blackwood und Campe empfohlenen galvanischen Strom erfolgreich verwendet. In einem Falle bei einer 36jährigen Frau, wo alle Medicamente im Stiche ließen, verwendete er eine Hartgummi-Elektrode mit Metallbougie und Metallfassung als An in der Vagina, während er eine 4 cm^2 messende Schwammkappen-Elektrode indifferent applicirte, 16—20 M. A. durch 10 Minuten anwandte; in 6 Sitzungen war der Pruritus behoben. Ebenso wird der Vaginismus behandelt von Cholmogoroff, Gautier, Lohmer, Saulmann und Smith. Lohmer heilte 2 Fälle von Vaginismus, indem er die An von 5 cm^2 ad vaginam und die Ka (7×15) auf den Bauch legte, ein- und ausschlich und 4—5 Minuten einen eben erträglichen Strom einschaltete. Prochownik heilte wiederholt den Tripper beim Weibe mit der An in 6—10 Minuten, bei 80 M. A. in durchschnittlich 6—8 Sitzungen.

Kataphorese. Bekanntlich werden Flüssigkeiten vom positiven zum negativen Pole durch thierische Gewebe transportirt. Zunächst studirt von Abbé Nolet der Transport medicamentöser Substanzen. Ihm folgten Beekensteiner, Vigouroux und Larat. Richardson tränkte die An mit Chloroform, Aconitinlösung (Aconit. Chlorof. aa 10 Extr. aconiti 1), setzte sie auf, die Ka indifferent, und nannte diesen Vorgang „Voltanarcotism“. Nach gelungenen Thierexperimenten verwandte er diese Methode zur Anästhesirung eines 10 Wochen alten Kindes (durch 10 Minuten), dem er einen Naevus von $2^1/_2$ cm von der Schulter entfernte. Außerdem verwandte er es am Zahnfleisch zur schmerzlosen Extraction eines Zahnes und zur schmerzlosen Reposition von Hernien. Beer versuchte sodann die Jodkali-Kataphorese, welche durch Bruns verificirt wurde. Munk's, Landois', Sterling's und Wagner's Kataphoresen sind bekannt. Halbeis und Barth versuchten die Cocaïnkataphorese erfolgreich am Ohre. Die Controverse Adamkiewicz', Lombroso's, Matteini's, Wagner's, Paschkis' und schließlich Hoffmann's und Peterson's sind bekannt. Erb hat Strychnin in die Haut von Kaninchen eingebracht und sie getödtet. Lauret und Regimbeau haben die Möglichkeit der Kataphorese in einer These dargethan. Peterson wandte die Cocaïnkataphorese in einem schweren Falle von Supraorbitalneuralgie (die schon $1^1/_2$ Jahre bestanden hatte) mit Erfolg an. Erst nach 5 Stunden kehrten die Schmerzen wieder und nach einer $10^0/_0$-Cocaïnkataphorese blieben sie 11 Stunden aus (während sie sonst continuirlich waren). Ähnliche Versuche haben auch die DDr. Garel, Booth und Seguin ausgeführt. Aubert hat Atropin und Pilocarpin kataphoresirt. Hareis, Neumann, Lawrence haben öffentlich in der Gesellschaft der Künste am 11. März 1891 an einem Herrn die Anästhesie mittels Kataphorose gezeigt. Morton konnte mittels eines Stromes von 10—15 M. A. Partikelchen von Graphit, Kohle, Tinte, Chinin u. s. w. einbringen. Edison und Boyles haben einen Gichtkranken Lithionchloridlösung von 1·08 specifischem Gewichte mittels 20 M. A. in 6 Stunden kataphoresirt; gleich am ersten Tage schwanden die Schmerzen, die gichtischen Ablagerungen an den Fingern verschwanden, das Lithion konnte im Harne spectroskopisch nachgewiesen werden. Imbert de la Touche hat einen Kutscher von 30 Jahren, der wegen Gicht und Schmerzen seinen Dienst nicht mehr versehen konnte, während 3 Wochen nach 10 Applicationen der Lithionkataphorese diensttauglich gemacht. Bei einem 53jährigen Mann, der im Frühjahre und Herbst wegen seiner exacerbirenden gichtischen Schmerzen immer durch 2 Wochen das Bett hüten musste, hat J. de la Touche

Jodlithion-Kataphorese angewendet und Abnahme der gichtischen Schmerzen, sowie Wiederkehr der Kräfte des Kranken, der vor der Behandlung mühsam auf 2 Stöcke gestützt gehen konnte und nach der Behandlung auf einen Stock gestützt, frei spazieren gieng, erzielt. Corning, Reynolds, Dawborn, Seguin, Cagney, Tuler, Boccalari, Manzieri, Woodbury, Shoemaker, Barth, Bayles, Kennely in Amerika haben sich mit der Kataphorese von Chloroform, Aconitin, Strychnin, Jodkali, Jodtinctur, Strophantus und Sublimat beschäftigt, um locale Anästhesie auszuführen, entweder um Narcose zu besorgen, oder um kleine Operationen an der Haut auszuführen, oder um Medicamente einzubringen zur Resorption von Geschwülsten, Gicht und anderen Schwellungen, von Rheumatismus, verschiedenen Hautkrankheiten und zu elektrischen Bädern, für Syphilis und andere Zwecke. Mittels eines elektrischen Bades hat zuerst Bossi Medicamente in den menschlichen Körper einzuführen gesucht. Gärtner und Ehrmann versuchten die Quecksilberkataphorese im Zweizellenbade Gärtner's (welches, sobald der Körper des zu Badenden sich darin befindet, durch eine Zwischenwand aus Holz und Kautschuk, der sich überall dem Körper eng anschmiegen soll, in 2 Zellen getheilt wird, in deren eine der positive, in die andere, der negative Pol kommt). In dieses Bad wurden je 4 oder je 6 *gr* Sublimat eingetragen, die Stromstärke betrug 100 M. A., die Stromdauer 15—20 Minuten. Am 4. Tage waren noch im 24stündigen Harn 0·7, 0·3 und 1·3 *mgr* Quecksilber nachweisbar. Ehrmann hat nach dieser Methode 34 Syphiliskranke behandelt, im Maximum wurden 54 Bäder gegeben; breite Condylome schwanden nach 8—10 Bädern; bei Erscheinungen im Kehlkopf, Rachen, Mund genügten 6—18 Bäder, die im eintägigen Harn nachgewiesene Menge Hg schwankte zwischen 0·9 und 1·9 *mg*. In letzterer Zeit werden die Bäder jeden Tag oder jeden zweiten Tag verabreicht, 2 *g* Sublimat kommt per Bad. Auf Prof. Lang's Klinik benützte Kronfeld das Gärtner'sche Zweizellenbad zur Behandlung Syphilitischer mittels Sublimatkataphorese. Er hat 8 Fälle publicirt, in denen er die Syphilis geheilt hat, wies 70—80 *mg* Quecksilber im Harne nach, 20—40 Sitzungen, je 25 Minuten Stromstärke auch 100 M. A.

Elektrolyse. Ehrmann und Weiß sprachen im allgemeinen über Elektrolyse. Gessler und Wuncan besprachen die Elektrolyse bei Angiomen: Gessler stach zwei Nadeln an der Basis der Geschwulst ein, kreuzweise, ohne dass sie sich berührten, und schlich ganz allmählig den Strom bis zu 20 M. A. ein, ließ ihn 10—50 Minuten wirken, schlich ihn sodann aus und versorgte die Stichcanäle antiseptisch. Wenn nöthig, nach $1^1/_2$ Monaten Wiederholung. 10 Fälle, definitive Heilung. Wuncan hat Angiome und Aneurysma cirsoideum, 11 Fälle und Kropf, 14 Fälle, wie Gessler, mittels Elektrolyse geheilt. Imbert de la Touche hat Drüsenschwellungen bei einem 20jährigen Geschäftsreisenden am Halse mit der An elektrolytisch behandelt, indem er sie als Nadelelektrode in die Drüse einstach, die Ka als Schwammelektrode am Halse placirte, den Strom von 5—10—15—25 M. A. einschlich und ihn 20 Minuten wirken ließ. Die Drüsen schwanden und auch auf den allgemeinen Zustand des Kranken erwies sich die Methode als roborirend. Gautier hat Gesichtsactinomycose der rechten Gesichtshälfte, die mit eiternden Knötchen bedeckt war, in denen die charakteristischen Actinomyces nachweisbar waren, mit der bipolaren Methode in 3 Sitzungen mit 50 M. A., in der Narcose in 10 Minuten befreit, wobei eine Narbe und Gesichtsröthe zurückgeblieben waren. Gegen

diese Narbe kamen zwei Kohlenelektroden mit Schwammkappen, auf die er 3 Tropfen Jodtinctur tropfte, die Ka auf das Gesicht, die An indifferent placirte und durch 1 Minute 1 M. A. einschaltete. 8 Sitzungen genügten, um auch die Narbe zu entfernen; Patient war vollkommen genesen. Lewis W. Marshall hat Naevi mit der An elektrolysirt, die Ka als Schwammkappenelektrode indifferent placirt, die An als Nadel in den Naevus vorgeschoben, um Blutgerinnung herbeizuführen. Petrzek und Ehrmann haben die Elektrolyse warziger Gebilde behandelt. Die Elektrolyse hat kein Recidiv, wie das Ausschneiden, welcher Meinung auch Prof. Lang ist. Tillmanns hat Aneurysmen der aufsteigenden Aorta in 13 Sitzungen, von 5—10 Minuten und 5—8tägigen Pausen nach allen subjectiven und objectiven Beschwerden und Symptomen zum Schwinden gebracht. Schwarz, Redard und Bovis haben Tumor cavernosus des Gesichtes mit 20 M. A., bei 4—8 Minuten zum Schwunde gebracht. Le Fort hat Pseudarthrosen, wo zwischen den Bruchenden wenig fibröse Masse vorhanden war, auf die Weise behoben, dass er durch die Enden die Ka als Nadel einstach, die An indifferent placirte und 8—10 Minuten bei fühlbarem Strome wirken ließ, und ganz schöne Resultate gesehen. Zuelzer und Sprćafico haben neuerdings Hydrocele und Hydarthrose mit Erfolg elektrolytisch behandelt. Weinbaum hat den Kropf in der Weise elektrolysirt, dass er 2 Goldnadeln in denselben einstach und 4—5 M. A. durch 10—15 Minuten wirken ließ. In einem Falle waren 150, in dem anderen nur 50 Sitzungen zur Heilung erforderlich. Michel, Hardaway, Moller, Michelson und Rohne haben neuerdings die Elektrolyse zur Radicalepilation benützt.

Namen- und Sachregister.

Druck von Gottlieb Gistel & Comp. in Wien, I., Augustinerstrasse 12

Date Due

Demco 293-5

